

**DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS  
DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE) PRESENTES EN LAS IPS  
DE BARRANQUILLA**

**HELEN GÁNDARA PÉREZ**

**NELSON LUBO HOYOS**

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL**

**PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**BARRANQUILLA - ATLANTICO**

**2019**

**DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS DE APARATOS  
ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE) PRESENTES EN LAS IPS DE  
BARRANQUILLA**

**Helen Gándara Pérez**

**Nelson Lubo Hoyos**

**Trabajo presentado como requisito para optar al título de**

**Ingeniero Ambiental**

**MSc. Fabio Fuentes Gándara**

Director de trabajo

**Ing. Fabián Atencio Sarmiento**

Co-director de trabajo

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL**

**PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**BARRANQUILLA - ATLÁNTICO**

**2019**

### Resumen

El desarrollo económico y tecnológico avanza cada día y la implementación de nuevas tecnologías en el sector de la salud se ha convertido en una fuente generadora de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) debido a que estos deben ser reemplazados periódicamente, ya sea por actualización tecnológica o para mejorar la oferta de los tratamientos médicos, lo que contribuye al aumento en la generación de este tipo de residuos. Teniendo en cuenta que estos deben ser gestionados adecuadamente dada la peligrosidad que representan para la salud y el ambiente, mediante esta investigación de tipo exploratoria fue posible determinar la situación actual de los RAEE en 60 IPS (entre clínicas y hospitales, centros odontológicos y oftalmológicos) de la ciudad de Barranquilla. A partir de los resultados obtenidos se pudo determinar que a pesar de que el 53% de estas instituciones no cuentan con reportes sobre la cantidad de RAEE generados, un gran número de ellas generan cantidades superiores a 150 kg/año de RAEE (50%). Por otro lado, el 40% de las entidades no cuenta con un centro de acopio de estos residuos, por lo que manifestaron tener problemas al momento de realizar la recolección de los mismos por parte del gestor externo autorizado. En este sentido, la mayor parte de las IPS reportaron realizar la disposición final de los residuos a través de la devolución de los equipos a los proveedores, mediante procesos de aprovechamiento de piezas, donación y planes Posconsumo. De forma general, se evidenció que existe poco conocimiento frente a los riesgos ambientales que trae el inadecuado manejo de los RAEE, además de desconocer sus obligaciones respecto al buen uso, recolección y gestión establecida por la normatividad competente.

**Palabras clave:** RAEE, IPS, equipos biomédicos, centro de acopio, gestión, disposición final

### **Abstract**

The economic and technological development is growing everyday plus the implementation in the new technologies for the health sector have become a source to generate Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) because it must be continually updated either because of the new technologies or for the improvement in medical treatments and therefore this kind of waste has been increased. It is important to know that the management of this waste must be done in the proper way because of the risk that it could take for the human health and for the environment. Thanks to this research that was made in an exploratory type was possible to determine the current status of the generation of WEEE in 60 institutions that provide health care, better known as IPS for the Spanish initials, that includes clinics, hospitals, dental and ophthalmologic centers in Barranquilla. Depart from the results of this research it was possible determinate that even if the 53% of those Health Institutions do not have records of the amount generated in WEEE, a big part of them report a WEEE amount above to 150 kg/year. From a different side, the 40% of this Health Institutions do not have a collection center for this waste and on this way, there was generated a different issue related to the recollection of this waste by the external authorized entity. In this way, most of the IPS reported making the final disposal of the waste through the return of the equipment to the suppliers, through processes of use of parts, donation and Post-consumption plans. In general, it is possible to realize that there is not knowledge about the risk for the environment made by the incorrect treatment of the WEEE, plus the lack of knowledge in front of the proper management standards established by the competent regulations.

**Keywords:** WEEE, IPS, biomedical equipment, storage center, management, final disposal

## Contenido

<b>Lista de tablas y figuras.....</b>	<b>8</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>13</b>
<b>2. Planteamiento del problema.....</b>	<b>14</b>
<b>3. Justificación .....</b>	<b>15</b>
<b>4. Objetivos .....</b>	<b>17</b>
4.1    Objetivo general .....	17
4.2    Objetivos específicos .....	17
<b>5. Marco de referencia .....</b>	<b>18</b>
5.1    Antecedentes.....	18
5.2    Marco conceptual .....	24
5.2.1    Generalidades de los RAEE .....	24
5.2.2    Sustancias químicas y peligrosas de los equipos biomédicos .....	27
5.2.2.1    Aceites Minerales .....	29
5.2.2.2    Componentes de mercurio.....	30
5.2.2.3    Pilas y acumuladores .....	31
5.2.2.4    Cartuchos de tintas y tóner .....	33
5.2.2.5    Lámparas fluorescentes (LFCs).....	34
5.2.2.6    Sustancias bromadas.....	36
5.2.2.7    Amianto o Asbesto .....	37
5.2.2.8    Gases fluorocarbonados.....	38
5.2.2.9    Tubos de rayos catódicos (TRC) .....	39
5.2.2.10    Placas o tarjetas de circuito impreso (PCI).....	39
5.2.2.11    Metales pesados.....	41
5.2.3    Técnicas de aprovechamiento o disposición final .....	42
5.2.3.1    Reutilización.....	43
5.2.3.2    Reciclaje .....	45
5.2.3.2.1    Metales.....	46
5.2.3.2.2    Vidrio.....	46
5.2.3.2.3    Plástico.....	47
5.2.3.3    Ciclo de Vida.....	48

5.2.3.3.1	<i>Planes de Posconsumo</i> .....	50
5.2.4	Definición de equipos biomédicos .....	50
5.2.4.1	Monitor de signos vitales.....	50
5.2.4.2	Centrifuga.....	51
5.2.4.3	Equipo de rayos X .....	52
5.2.4.4	Microscopio .....	53
5.2.4.5	Baño Serológico .....	54
5.2.4.6	Neveras .....	55
5.2.4.7	Termómetro digital.....	55
5.2.4.8	Electrobisturí .....	56
5.2.4.9	Electrocardiógrafos.....	57
5.2.4.10	Desfibrilador.....	57
5.2.4.11	Incubadoras.....	58
5.2.4.12	Autoclave.....	59
5.2.4.13	Sistemas de infusión .....	60
5.2.4.14	Vaporizadores anestésicos.....	60
5.2.4.15	Ecógrafos.....	61
5.2.4.16	Básculas.....	62
5.2.4.17	Monitor fetal.....	63
5.2.4.18	Pulsioxímetro.....	63
5.2.4.19	Tensiómetro digital.....	64
5.2.4.20	Ventiladores.....	65
5.2.4.21	Lámparas.....	66
5.2.4.22	Unidad Odontológica.....	67
5.2.4.23	Compresor Odontológico .....	68
5.2.4.24	Piezas de baja y alta velocidad .....	68
5.2.4.25	Localizadores apicales.....	69
5.2.4.26	Equipo de radiología odontológica.....	69
5.2.4.27	Lámpara de fotocurado.....	71
5.2.4.28	Equipo de ultrasonido odontológico.....	72
5.2.4.29	Equipo eyector de saliva y sangre .....	72
5.2.4.30	Amalgamador dental .....	73

5.2.4.31	Equipo de anestesia dental.....	73
5.2.4.32	Linterna oftalmológica .....	74
5.2.4.33	Oftalmoscopio .....	74
5.2.4.34	Retinoscopio .....	75
5.2.4.35	Lámpara de hendidura .....	76
5.2.4.36	Queratómetro .....	77
5.2.4.37	Lensómetro .....	77
<b>6.</b>	<b>Marco legal .....</b>	<b>78</b>
<b>7.</b>	<b>Metodología .....</b>	<b>80</b>
7.1	Área de estudio .....	80
7.2	Tipo de estudio .....	81
7.3	Población y muestra.....	82
7.4	Fases de investigación .....	84
7.4.1	<i>Fase I: Exploración</i> .....	84
7.4.2	<i>Fase II. Descripción y Análisis</i> .....	84
7.4.3	<i>Fase III. Interpretación</i> .....	86
<b>8.</b>	<b>Resultados y discusiones .....</b>	<b>87</b>
8.1	Tipos de RAEE presentes en las IPS de Barranquilla y su manejo .....	87
8.2	Nivel de cumplimiento sobre la normatividad competente a la temática de los RAEE.....	122
8.3	Recomendaciones para el adecuado manejo interno de los residuos biomédicos y no biomédicos tipo RAEE de las IPS en la ciudad de Barranquilla. ....	126
<b>9.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>128</b>
<b>10.</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>130</b>
	<b>Referencias .....</b>	<b>131</b>

## Lista de tablas y figuras

### Tablas

<b>Tabla 1.</b> Cantidad global de RAEE generados por continente en el año 2016.....	19
<b>Tabla 2.</b> Categorización de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) en la UE según la Directiva RAEE de 2012.....	26
<b>Tabla 3.</b> Clasificación según la línea de color.....	27
<b>Tabla 4.</b> Composición porcentual de materiales presentes en los RAEE.....	28
<b>Tabla 5.</b> Localización en los RAEE de metales pesados y otros metales. ....	41
<b>Tabla 6.</b> Porcentaje de los materiales que se reciclan de los RAEE. ....	45
<b>Tabla 7.</b> Etapas y sub-etapas del ciclo de vida de los AEE.....	49
<b>Tabla 8.</b> Marco Jurídico de los Residuos Peligrosos en Colombia (Constitución y leyes) .....	78
<b>Tabla 9.</b> Marco Jurídico de los Residuos Peligrosos en Colombia (Decretos y Resoluciones) ....	78
<b>Tabla 10.</b> Marco Jurídico de los RAEE en Colombia (Decretos y Resoluciones). ....	79
<b>Tabla 11.</b> Equipos biomédicos más frecuentes en centros hospitalarios y clínicas. ....	87
<b>Tabla 12.</b> Equipos biomédicos más frecuentes en centros odontológicos. ....	89
<b>Tabla 13.</b> Equipos biomédicos más frecuentes en centros oftalmológicos. ....	90

### Figuras

<b>Figura 1.</b> Esquema de reciclaje para la recuperación de metales valiosos y preciosos de placas o tarjetas de circuito. ....	40
<b>Figura 2.</b> Diagrama de flujo general para la operación de reciclaje de RAEE adoptada por un reciclador organizado. ....	48
<b>Figura 3.</b> Ubicación geográfica del área de estudio. ....	81
<b>Figura 4.</b> Mapa centros de salud públicos y privados de Barranquilla. ....	83
<b>Figura 5.</b> Tipos de AEE de diagnóstico médico y/o de procedimientos en centros hospitalarios y clínicas.....	88
<b>Figura 6.</b> Tipos de AEE de diagnóstico médico y/o de procedimientos en centros odontológicos. ....	90



<b>Figura 7.</b> Tipos de AEE de diagnóstico médico y/o de procedimientos en centros oftalmológicos. ....	91
<b>Figura 8.</b> Tipos de AEE no biomédicos en clínicas y hospitales .....	92
<b>Figura 9.</b> Tipos de AEE no biomédicos en centros odontológicos y oftalmológicos .....	93
<b>Figura 10.</b> Nivel de conocimiento de RAEE generados en hospitales y clínicas. ....	94
<b>Figura 11.</b> Nivel de conocimiento de RAEE generados en centros odontológicos. ....	95
<b>Figura 12.</b> Nivel de conocimiento de RAEE generados en centros oftalmológicos. ....	95
<b>Figura 13.</b> Nivel de conocimiento global de RAEE en los centros.....	96
<b>Figura 14.</b> Cantidad de RAEE (anual) en hospitales y clínicas. ....	97
<b>Figura 15.</b> Cantidad de RAEE (anual) en odontologías y oftalmologías. ....	98
<b>Figura 16.</b> Cantidad global de RAEE (anual). ....	99
<b>Figura 17.</b> Porcentaje de clínicas y hospitales que cuentan con centro de acopio o almacenamiento. ....	100
<b>Figura 18.</b> Porcentaje de centros odontológicos que cuentan con centro de acopio o almacenamiento.....	100
<b>Figura 19.</b> Porcentaje de centros oftalmológicos que cuentan con centro de acopio o almacenamiento.....	101
<b>Figura 20.</b> Porcentaje global de centros que cuentan con centro de acopio o almacenamiento. ....	102
<b>Figura 21.</b> Tipo de almacenamiento de RAEE en clínicas y hospitales.....	103
<b>Figura 22.</b> Tipo de almacenamiento de RAEE en centros odontológicos.....	104
<b>Figura 23.</b> Tipo de almacenamiento de RAEE en centros oftalmológicos. ....	104
<b>Figura 24.</b> Tipo de almacenamiento en los centros (dato global). ....	105
<b>Figura 25.</b> Tipo de dificultades presentes en el almacenamiento de RAEE generados en clínicas y hospitales. ....	107
<b>Figura 26.</b> Tipo de dificultades presentes en el almacenamiento de RAEE generados en centros odontológicos. ....	108
<b>Figura 27.</b> Tipo de dificultades presentes en el almacenamiento de RAEE generados en centros oftalmológicos .....	108
<b>Figura 28.</b> Tipo de dificultades presentes en el almacenamiento de RAEE generado (dato global) .....	109
<b>Figura 29.</b> Tipo de disposición final de los RAEE en hospitales y clínicas.....	112

<b>Figura 30.</b> Tipo de disposición final de los RAEE en centros odontológicos.....	113
<b>Figura 31.</b> Tipo de disposición final de los RAEE en centros oftalmológicos. ....	115
<b>Figura 32.</b> Tipo de disposición final en los centros (dato global).....	116
<b>Figura 33.</b> Cantidad de RAEE biomédicos almacenados.....	118
<b>Figura 34.</b> Cantidad de RAEE no biomédicos almacenados.....	119
<b>Figura 35.</b> Residuos sólidos que consideran las IPS tienen dificultades para su disposición final. .....	120
<b>Figura 36.</b> Flujograma de decisiones y actores de la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en Colombia. ....	124

### **Agradecimientos**

*A Dios por el don de la vida, por su infinito amor y misericordia, por bendecirme día a día y ser mi fuente de sabiduría.*

*A mi familia, especialmente a mis padres Mariela Pérez y Jonhy Gándara, quienes han sido mi motor e inspiración para poder llegar a este punto de mi carrera. A ustedes gracias por todo el amor, apoyo, sacrificio, dedicación, ejemplo y enseñanzas. Les debo todo lo que soy por eso, esto es por y para ustedes.*

*A mi tío Samith Gándara, por su cariño, su incondicional apoyo, sus sabios consejos y ser mi ejemplo de superación. Gracias a ti por recibirme en tu casa, por enseñarme a afrontar mis miedos y a luchar por mis sueños. Gran parte de lo que soy te lo debo a ti también mi Tati.*

*A mi Alma Máter, Universidad de la Costa por abrirme las puertas para formarme profesionalmente y permitirme conocer a excelentes docentes y compañeros que fueron partícipes de este proceso.*

*A nuestro tutor de tesis, Fabio Fuentes y co-tutor el docente Fabián Atencio por su apoyo y confianza. Gracias por el tiempo y esfuerzo que dedicaron para compartir sus conocimientos. Sin ustedes no hubiese sido posible la realización de este trabajo.*

*A las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud por brindarnos la información requerida para la elaboración de nuestro trabajo de grado.*

*A mi compañero incondicional Nelson Lubo, por su amistad, cariño y apoyo durante estos cinco años. Por todos los momentos y triunfos que hemos compartido a lo largo de esta hermosa carrera.*

*Dios los bendiga.*

**Helen Marcela Gándara Pérez**

*En primer lugar deseo expresar mi agradecimiento a Dios por ser siempre mi compañía y guía a lo largo de mi vida. A la Universidad de la Costa (CUC), por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. A sí mismo y, por supuesto, el agradecimiento más profundo y sentido va para mis padres, sin su apoyo, colaboración e inspiración habría sido imposible llevar a cabo este duro recorrido. Gracias por su ejemplo de lucha, honestidad, tenacidad, paciencia, y por ser ejemplo de valentía y capacidad... ¡por ellos y para ellos!*

*Agradecer de manera especial y sincera a nuestro tutor MSc. Fabio Fuentes y cotutor Ing. Fabián Atencio, por su apoyo y confianza en nuestro trabajo, su capacidad para guiar las ideas han sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en nuestra formación porque nunca escatimaron esfuerzo y tiempo para corregir y mejorar este trabajo, todo siempre enmarcado en su orientación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado juntos, el cual no se puede concebir sin su siempre oportuna participación. Gracias a ambos.*

*Agradecimientos a nuestros profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado un granito de arena en esta formación.*

*Gracias a todas las instituciones prestadoras de servicios de salud y al personal de dichas entidades visitados, por su tiempo y comprensión para el desarrollo de esta investigación ya que fueron la base para la construcción del presente trabajo.*

*Finalmente, a mi excelente compañera de tesis y carrera, Helen Gándara por estar dispuesta a trabajar siempre en equipo dando lo mejor de sí misma. Y a todas aquellas personas, colegas y amigos que me brindaron su apoyo.*

***Nelson Enrique Lubo Hoyos***

## 1. Introducción

La generación de residuos sólidos, es una de las problemáticas creadas debido al incremento poblacional y las distintas actividades antrópicas que son impulsadas por el desarrollo económico. Actualmente en Colombia, en los países en desarrollo y en el mundo en general emergen nuevos residuos tales como, los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos – RAEE (Redondo et al., 2018).

Los desechos electrónicos en particular se han convertido en una preocupación durante las últimas dos décadas y son hoy en día los desechos de mayor crecimiento en el planeta (Sahajwalla & Gaikwad, 2018). Son considerados como residuos peligrosos y como tal requieren un manejo especial, ya que pueden causar afectaciones en la salud humana y el medio ambiente. Por consiguiente, algunos países han desarrollado políticas públicas en las cuales se proponen modelos de gestión eficiente (MADS, 2013). En Colombia, esta política se expidió en 2013 mediante la ley 1672 y con ella se busca establecer los lineamientos para la gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE); sin embargo, según Velásquez (2016) existe una preocupación especial ya que el cumplimiento de esta no se lleva a cabo en su totalidad en el sector de servicios, específicamente en el hospitalario.

Según la Organización Mundial de la Salud [OMS], en una institución prestadora de servicios de salud y demás centros médicos, la gestión de los RAEE comprende un proceso conformado por diferentes etapas, conectadas entre sí. Dentro de las etapas, establecidas como el ciclo de vida de las tecnologías de la salud y la gestión de los equipos médicos se encuentra la selección, adquisición, uso clínico, mantenimiento, reposición, baja y disposición final.

Ahora bien, se sabe que los RAEE tipo biomédicos, tienen diferencias en cuanto a cantidades generadas en las distintas instituciones prestadoras del servicio de salud y en las formas de darles

manejo cuando terminan su vida útil ya sea por daño, desuso y/o recambio tecnológico (Díaz, 2017). Por esta razón, en el presente documento se planteó el objetivo de analizar la situación actual de la generación de los residuos tipos RAEE en las IPS, centros de oftalmología y odontología de la ciudad de Barranquilla con el fin de identificar el nivel de cumplimiento de la legislación asociada a esta temática y establecer recomendaciones para el adecuado manejo interno de los desechos de AEE utilizados en el sector hospitalario de la ciudad de Barranquilla.

## **2. Planteamiento del problema**

El aumento acelerado de la producción tecnológica a nivel mundial ha hecho que cada vez más personas puedan acceder a ellos, lo que ha provocado a su vez una gran problemática ambiental puesto que en la mayoría de los casos no se realiza una gestión adecuada u óptima a estos aparatos al momento de finalizar su ciclo de vida (Díaz et al., 2016).

Los residuos que son generados por aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) contienen materiales que muchos de ellos llegan a ser tóxicos y perjudiciales para la salud. Entre las sustancias tóxicas cabe mencionar los solventes basados en cloros, metales pesados, plásticos y gases que se utilizan para la fabricación de productos electrónicos y sus componentes. Además, existen aparatos electrónicos que al ser desechados liberan sustancias químicas peligrosas como el plomo, la cual entra en contacto con fuentes de agua subterránea, deteriorando así los terrenos que se encuentran alrededor de los vertederos (Barbosa & Caballero, 2012).

Ahora bien, en América Latina, países como México, Costa Rica, Colombia, Perú, Argentina y Chile son algunos de las naciones que reportan información referente a la cantidad de los RAEE (Scott et. al., 2012). En 2014, se generaron alrededor de 3.8 millones de toneladas de RAEE, siendo Brasil (52%), Argentina (11%), Colombia (9%) y Venezuela (9%) los países que

mayor volumen de RAEE generan. En términos relativos, la lista de volumen de RAEE generado per cápita la lideran Chile (9,9 kg/hab) y Uruguay (9,5 kg/hab) (Echeverría, 2016).

En ese mismo sentido, la gestión de los residuos sólidos genera una importante trascendencia para el desarrollo de Colombia, por tal motivo el gobierno nacional estableció expidió en el año 2013 la ley 1672, por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos tipo RAEE, sin embargo, tanto el desconocimiento como la aplicación de la misma es incipiente, incluso la legislación asociada al manejo y disposición de residuos peligrosos en general no es comprendida a plenitud en sector de servicios y en particular por el de la salud (Velásquez, 2016).

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, y teniendo en cuenta la escasa información relacionada sobre la gestión de RAEE biomédicos, se decide iniciar una fase exploratoria sobre la situación actual de la generación de este tipo de residuos en centros hospitalarios, odontológicos y oftalmológicos con delimitación en la ciudad de Barranquilla.

### **3. Justificación**

En la actualidad, el aumento de la demanda y la producción de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) en los distintos sectores (doméstico, empresarial, salud, etc.) ha traído consigo no solo aspectos positivos como la mejora de la calidad de vida, sino también repercusiones al ambiente y a la sociedad en general al traer consigo una problemática ambiental y sanitaria tanto en su fabricación como disposición final cuando culmina su vida útil, donde se convierten en residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) (Monge et al., 2017). La gestión de este tipo de residuos juega un papel muy importante para el desarrollo del país, debido a los graves problemas sanitarios que se pueden presentar por las grandes cantidades de energía y de materias

primas que se requieren para su fabricación como materiales ignífugos bromados y los metales pesados (cadmio, el cromo, el plomo, el níquel, mercurio, entre otros) los cuales tienen un mayor impacto en el medio ambiente (Krol et al., 2016; Islam et al., 2016).

Debido a los constantes avances instrumentales que demandan un permanente recambio y adaptación tecnológica en los centros hospitalarios, odontológicos y oftalmológicos, la necesidad de adquirir nuevos equipos para cumplir con las expectativas de los pacientes es cada vez mayor; de la misma manera, también influye la vida útil de los instrumentos usados dentro del centro de salud, ya que, con la obsolescencia programada, se hace casi que obligatorio fabricar nuevos y mejores dispositivos. Es por ello que las ventas de estos equipos se han disparado en los últimos años, y en poco tiempo estos aparatos serán descartados por sus usuarios convirtiéndose finalmente en RAEE (Ochoa, 2018).

Aunque en Colombia, este tipo de residuos ha sido objeto de diversos estudios, tanto cuantitativos como cualitativos, es un tema que aún no tiene el manejo idóneo en el país, pues aún existen muchos interrogantes por resolver, para mejorar y fortalecer las políticas y acciones actuales frente a la gestión de los mismos (Díaz, 2016). En el sector salud existen muy pocos estudios encaminados a los RAEE generados, en particular a nivel del Distrito donde no se ha investigado a fondo. En este sentido, para poder determinar cómo está la situación actual de los residuos RAEE de tipo biomédico, es indispensable conocer las cantidades que son generadas, su manejo y conocimiento sobre la gestión por parte de los generadores.

De este modo, el presente proyecto de investigación, va a permitir determinar cómo se encuentran las instituciones prestadoras de servicios de salud (clínicas, hospitales, centros odontológicos y oftalmológicos) de la ciudad de Barranquilla, en materia de RAEE teniendo en cuenta que existen diferencias en cuanto a cantidades generadas por cada entidad y en las formas de darles manejo. Por tal motivo se hace necesario la obtención de datos sobre el manejo



administrativo de estos residuos, el nivel de conocimiento del tema por parte del personal vinculado en el proceso, y de esta manera, dar un panorama del manejo y acopio temporal de estos residuos para así plantear estrategias a corto, mediano y largo plazo.

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

Analizar la situación actual de la generación de los residuos tipos RAEE en las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (clínicas, hospitales, odontologías y oftalmologías) de la ciudad de Barranquilla.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Describir los diferentes tipos de RAEE presentes en las IPS de Barranquilla y su manejo.
- Determinar el nivel de cumplimiento sobre la normatividad competente a la temática de los RAEE por parte de las IPS ubicadas en la ciudad de Barranquilla.
- Establecer recomendaciones para el adecuado manejo interno de los residuos biomédicos y no biomédicos tipo RAEE por parte de las IPS en la ciudad de Barranquilla.

## **5. Marco de referencia**

### **5.1 Antecedentes**

A lo largo de las últimas décadas, la problemática de lo AEE se ha centrado en términos de las exportaciones de los países ricos, especialmente Estados Unidos, Canadá y Europa, que llegan a los países en vía de desarrollo para ser procesados en condiciones peligrosas para los trabajadores y el medio ambiente (Lepawsky, 2015). A nivel mundial, la cantidad de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) generados se incrementa con el pasar de los años. De acuerdo a Baldé et al., (2017), en el año 2016 se generaron 44.7 millones de toneladas métricas (Mt) de residuos eléctricos y electrónicos a nivel mundial, lo que equivale a 6.1 kg por habitante, en comparación con los 41.8 Mt generados en 2014 (Baldé et al., 2015); solo el 20% de estos 44.7 millones de toneladas fue reciclado a través de los canales apropiados, es decir, 8.9 millones de toneladas, ya que sólo 41 países tienen estadísticas oficiales de desechos electrónicos.

Asimismo, los expertos prevén un aumento adicional del 17%, a 52.2 millones de toneladas métricas de residuos electrónicos para el año 2021. Dicha cantidad global de los RAEE generados y dispuestos en el 2016 estuvo constituida principalmente de equipos pequeños (16.8 Mt), equipos grandes (9.1 Mt), equipos de intercambio de temperatura (7.6 Mt), pantallas (6.6 Mt) y las lámparas y pequeños aparatos de telecomunicaciones que representan una parte más pequeña de la cantidad global de estos RAEE generados, 0.7 Mt y 3.9 Mt respectivamente. En la tabla 1 se muestra la cantidad global de RAEE generados por continente en el año 2016:

**Tabla 1***Cantidad global de RAEE generados por continente en el año 2016*

<b>Indicador</b>	<b>África</b>	<b>América</b>	<b>Asia</b>	<b>Europa</b>	<b>Oceanía</b>
<b>No. de países</b>	53	35	49	40	13
<b>Generación de RAEE (kg/hab)</b>	1.9	11.6	4.2	16.6	17.3
<b>Generación de RAEE por continente (Mt)</b>	2.2	11.3	18.2	12.3	0.7
<b>Cantidad documentada para ser recogida y reciclada (Mt)</b>	0.004	1.9	2.7	4.3	0.04
<b>Tasa de recolección (%)</b>	0	17	15	35	6

Fuente: Baldé et al., (2017).

La inadecuada disposición de los RAEE no sólo puede empeorar la problemática medioambiental actual sino que en el peor de los casos puede ocasionar daños en la salud de las personas que se encuentran expuestas a las sustancias químicas y peligrosas que emiten estos equipos (De Oliveira, Bernardes & Gerbase, 2012). En el 2016, China fue el país que más generó desechos electrónicos, con una acumulación total de 7.2 millones de toneladas por año y se espera que su cantidad de RAEE crezca a 27 Mt para el 2030, así mismo se tiene en cuenta que en los alrededores de las ciudades de este país, que típicamente se dedican a la recuperación informal, se han documentado efectos de contaminación del agua, tal es el caso de Guiyu (poblado de China), en donde se han reportado sedimentos contaminados con metales y niveles elevados de dichos contaminantes disueltos en los ríos cercanos a estas áreas (Perkins et. al., 2014). Otro de los países que más genera RAEE es Estados Unidos (EE.UU.) con una cantidad de 6.3 millones de toneladas cada año (Baldé et. al., 2017; Zeng et. al. 2017). Por su parte, la situación en cuanto a este tipo de residuos en países como India es bastante alarmante, de acuerdo a Pathak et. al., (2017), se generaron 1.85 Mt de RAEE en el año 2016, sumado a que este país sufre con el sector informal de procesamiento de desechos electrónicos, en consecuencia, los materiales valiosos en estos residuos se desechan en terrenos abiertos, en lugar de ser extraídos

adecuadamente para su reutilización y reciclaje, además, los agentes de cambio ilegales también desempeñan un papel importante al etiquetar incorrectamente los desechos electrónicos y exportarlos a los países en desarrollo (Awasthi & Li, 2017).

Lo anterior es una situación que se ha venido presentado en muchos países, ya que existe una gran cantidad de estos aparatos que terminan siendo dispuestos de manera inadecuada en los países menos desarrollados debido a las diferentes normativas existentes y a las ambigüedades que permiten la exportación de AEE para su reutilización, independientemente de la funcionalidad real del producto (Mmereki et al., 2016).

Un estudio realizado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) reveló que era 10 veces más barato exportar residuos electrónicos a Asia que procesarlo en Estados Unidos (Lundgren, 2012). De acuerdo a un estudio realizado por Hopson & Pucket (2016), donde se evaluó el flujo de 205 equipos, encontraron que el 34% de estos se enviaron principalmente a países en desarrollo; de los exportados, el 93% se enviaron a países en desarrollo de Asia en los que no se recicla adecuadamente; el 7% se envió a países como México y Canadá. En países Africanos como es el caso de Ghana, los desechos electrónicos son exportados ilegalmente como "bienes de segunda mano", sin embargo, en Sudáfrica está establecida eWASA (e-waste Association South Africa) que maneja todos los desechos electrónicos de ese país (Scott et al., 2012).

En el caso de América Latina, tiene algunos adelantos significativos sobre este tema, puesto que, a pesar de ser otro destino para los RAEE desde los países desarrollados, a veces impulsados por programas de recuperación y reutilización de los aparatos, también existe la situación que a los países en vía de desarrollo lleguen los desechos clasificados como inservibles y estén para destrucción total, y ésta actividad definitivamente la desempeñan mejor los mismos países que los envían en primer lugar (Hernández, 2015). Países como México, Costa Rica, Colombia, Perú,

Argentina y Chile son los únicos que tienen estudios básicos en función de los desechos electrónicos (Scott et. al., 2012). En Colombia, Argentina, Brasil, Perú, Chile, entre otros, se han emitido diferentes leyes, decretos y normas relativas al cuidado del medio ambiente y al manejo de residuos peligrosos y desechos electrónicos durante varios años. Los países latinoamericanos con la mayor generación de desechos electrónicos fueron: Brasil 1.5 Mt, México 1 Mt y Argentina 0.4 Mt. Los tres primeros países de América Latina con la mayor generación de desechos electrónicos en cantidades relativas, en el mismo año, fueron Uruguay (10,8 kg/hab), Chile (8,7 kg/hab) y Argentina (8,4 kg/hab) (Baldé et al., 2017).

En Colombia, de acuerdo con el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, nuestro país se encuentra en el Grupo C, pues su sistema formal de reciclaje se está desarrollando y porque además la recolección, el desmantelamiento y el aprovechamiento de materiales no ocurren a gran escala, así mismo, sus políticas, leyes, regulaciones y mecanismos institucionales demuestran que existe un alto nivel de concienciación sobre la gestión de los RAEE (United Nations Environment Programme UNEP, 2012; Rodríguez et al., 2013)

En la actualidad existen en el país 36 empresas con licencia ambiental otorgada por las autoridades ambientales regionales y urbanas, para almacenar, aprovechar (recuperar o reciclar), tratar o disponer finalmente los RAEE. De éstas, 13 gestores exportan las corrientes de materiales, componentes y partes recuperados a China (50.2 %), Estados Unidos (8.5 %), Hong Kong (8.2 %), España (6.8 %), Corea del Sur (4.9 %), Holanda (4.1 %), Taiwán (3.6 %), Bélgica (2.1 %) y otros 27 países (11.7 %) (MINAMBIENTE, 2017). Ahora bien, Colombia, no posee tecnología para los procesos de valorización de todos los tipos de RAEE. Los gestores no utilizan tecnologías automatizadas o semiautomatizadas para el desensamblaje y recuperación de materiales. Básicamente el desensamblaje es manual y las partes recuperadas se exportan para su reciclaje y recuperación de materias primas en otros países (Torres et al., 2015). Por su parte,

existe un enorme potencial en la informalidad en la que se gestiona estos residuos, y es mediante el sector informal; características como la amplia cobertura de la recolección, la cercanía con el generador, la cohesión como comunidad y el potencial como actor ambiental clave para el desarrollo del país, representan ventajas sustanciales que este sector puede sumarle a la gestión informal de RAEE (Casas, 2018).

En Colombia, se estimó que la generación de estos residuos en el 2016 sobrepasó las 275 kilotoneladas (kt), equivalente a 5.6 kg por habitante (Baldé et al., 2017), la cual resulta una cifra preocupante, debido a lo mencionado anteriormente, donde el manejo inadecuado de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos por medio de los recuperadores informales o de la disposición de los mismos, constituye un problema ambiental por cuenta del gasto futuro en el que el Estado debe incurrir para controlar los posibles daños causados por las actividades que afectan el ambiente de manera adversa (MINAMBIENTE, 2017). La problemática en el país asociada al manejo informal de los RAEE radica en que algunas de las prácticas de manejo y disposición generan impactos ambientales negativos y a la salud. Ejemplo de esta situación lo constituyen prácticas como la disposición de las partes que no cuentan con alternativas de comercialización ni aprovechamiento económico, la cual se realiza indiscriminadamente en rellenos sanitarios y botaderos. Así mismo, generan una alta contaminación prácticas como la quema de cables para la extracción de cobre y la dilución de tarjetas electrónicas para la extracción de metales preciosos (Rodríguez et al., 2010).

En un estudio realizado por Díaz (2016), reportaron que en el sector público hospitalario de Bogotá, durante los años 2010 a 2014, se logró determinar que en 24 hospitales que cubren 19 localidades, los equipos principalmente usados son el microscopio, equipos de cómputo para análisis y resultados, pulsioxímetro (también denominado oxímetro, electrocardiooxímetro), monitor de signos vitales y centrífugas; en el caso de equipos no biomédicos, encontraron que la

mayoría de centros hospitalarios genera residuos de equipos de cómputo y periféricos (teclado, CPU, mouse), lámparas y aparatos con pantallas (tv, LCD). De este modo, con respecto a la gestión y disposición final de los RAEE, determinaron que el 100% de las instituciones mencionan entregar a gestores autorizados por la autoridad ambiental, donde el 2.4% de ellos envían principalmente luminarias al plan posconsumo “lúmina” en Bogotá, el 4.8% de ellos, hacen donaciones de equipos a universidades o fundaciones, otros para reciclaje o chatarra, solo el 0.7% de ellos realizan devolución a proveedores, y tan solo el 0.5% no saben qué hacer aún con los RAEE almacenados.

La capacidad instalada en Colombia para gestionar los residuos no es una limitante para la cadena de gestión de RAEE existente, ya que de hecho existen un número representativo de empresas formales con suficiente capacidad de gestión, que han profesionalizado la actividad de manejo y reciclaje de estos elementos, abarcando estas las diferentes fases de la gestión de RAEE (Ávila & Jaramillo, 2013). Por ejemplo, en el caso de la ciudad de Barranquilla presenta un panorama en donde varias empresas ofrecen servicios de recolección y/o gestión formal de RAEE, las cuales son: LITO S.A., Transportamos A.L.S.A.ES.P., EcoCómputo, GecoRae S.A.S.; y a nivel de la región Caribe también se encuentra a C.I Recycables, C.I. Recuperaciones Naranjo Pérez e hijos y Comercializadora Excedentes y Metales S.A en Cartagena. Partiendo de esto último se puede decir que el reciclaje de RAEE es una fuente de empleo y de ingresos para el sector informal y los recuperadores de la calle. Sin embargo, es posible que la gestión de los mismos no está encaminada hacia un desarrollo sostenible y de esta manera puedan estar generando impactos negativos al medio ambiente y a la salud.

Cabe mencionar que en algunos almacenes a nivel nacional (como Éxito, Carulla, entre otros) se pueden encontrar contenedores para depositar baterías y bombillos, y en las oficinas de los operadores celulares hay recipientes especiales para celulares en fuera de uso y sus accesorios. En

el caso de los computadores y periféricos, existe EcoCómputo, un sistema colectivo de recolección y gestión ambiental de residuos de computadores, compuesto por 41 sociedades comerciales, la Andi (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia), la Cámara del Sector de Electrodomésticos y el Programa Posconsumo de Computadores y Periféricos (Zuleta, 2013).

## **5.2 Marco conceptual**

### **5.2.1 Generalidades de los RAEE**

En la actualidad, aun cuando no existe una definición estándar, se dice que los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, más conocidos por sus siglas como RAEE, es un término genérico que hace referencia a cualquier dispositivo y/o equipo que requiera de un suministro de energía eléctrica y que han dejado de tener toda utilidad para sus dueños (OCDE, 2001). Según el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2009), estos aparatos son el resultado de una mezcla compleja de muchos materiales, algunos de los cuales son materias primas escasas y valiosas que merecen ser recuperadas. No obstante, estos pueden contener elementos o compuestos muy dañinos, que si bien no generan problemas durante su ciclo de uso, pero se convierten en un peligro cuando son liberados al medio ambiente.

Según Kang & Schoenung (2005), en los últimos años la fracción de los desechos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) que son producto de las actividades humanas e industriales ha ido en aumento gracias al desarrollo de las nuevas tecnologías y la disminución del tiempo de obsolescencia de estos equipos, convirtiéndose en un verdadero desafío para la gestión ambiental de estos residuos. En este sentido, Rodríguez et al. (2013) afirman que actualmente, la cantidad de RAEE ha crecido exponencialmente en comparación a la cantidad de los residuos sólidos urbanos (RSU); esto en gran parte se debe a la tendencia de consumismo que padece la sociedad para satisfacer necesidades pero también para tener acceso a la información, facilitar la



comunicación en tiempo real desde cualquier parte del mundo y sobre todo para llevar a cabo actividades industriales, educativas, médicas, entre otras, en las cuales se requiera tecnología para diagnóstico y tratamiento de enfermedades en el caso de los equipos biomédicos. Lo anterior ha sido posible gracias a la introducción de nuevos planes de adquisición o el acceso al crédito, que conlleva a que los consumidores quieran remplazar sus Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) por uno nuevo cuando consideran que estos son obsoletos o ya no tienen la misma utilidad. Vale la pena mencionar que tal y como se cita en Hernández (2015) el manejo inadecuado de estos residuos ha traído consigo un sin número de consecuencias inesperadas para la salud de las personas ya sea por su manipulación o por la exposición a los desechos tóxicos que pueden emitir algunos aparatos electrónicos. Cabe resaltar que la liberación de estas sustancias no representa un riesgo durante la fase de utilización de los equipos, pueden ser perjudiciales cuando entran en desuso, específicamente cuando son sometidos a procesos de desensamble en condiciones no adecuadas en las cuales no se tenga en cuenta su potencial peligro (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-MINAMBIENTE, 2015).

Ahora bien, con el fin de definir el ámbito de aplicación de las regulaciones en materia de la gestión de los RAEE, se han establecido dos categorías de los AEE por parte de la Unión Europea. En este sentido, la primera (definida por la Directiva 2002/96/CE) (Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, 2003) clasifica los AEE en 10 categorías teniendo en cuenta su tipología; en el caso de la segunda (tabla 2), siendo esta la más actualizada (definida por la Directiva de la Unión Europea 2012/19/UE) clasifica los AEE en seis categorías considerando las posibles fracciones de recolección y separación de los RAEE: (Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, 2012).

**Tabla 2**

*Categorización de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) en la UE según la Directiva RAEE de 2012*

Categorías	AEE considerados en la categoría
<b>1. Aparatos de intercambio de temperatura</b>	Frigoríficos, congeladores, aparatos que suministran automáticamente productos fríos, aparatos de aire acondicionado, equipos de deshumidificación, bombas de calor, radiadores de aceite y otros aparatos de intercambio de temperatura que utilicen otros fluidos que no sean el agua.
<b>2. Monitores, pantallas, y aparatos con pantallas de superficie superior a los 100 cm<sup>2</sup></b>	Pantallas, televisores, marcos digitales para fotos con tecnología LCD, monitores, ordenadores portátiles, incluidos los de tipo notebook.
<b>3. Lámparas</b>	Lámparas fluorescentes rectas, lámparas fluorescentes compactas, lámparas fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad, incluidas las lámparas de sodio de presión y las lámparas de haluros metálicos, lámparas de sodio de baja presión y lámparas LED.
<b>4. Grandes aparatos (con una dimensión exterior superior a 50 cm)</b>	Lavadoras, secadoras, lavavajillas, cocinas, cocinas y hornos eléctricos, hornillos eléctricos, placas de calor eléctricas, luminarias; aparatos de reproducción de sonido o imagen, equipos de música (excepto los órganos de tubo instalados en iglesias), máquinas de hacer punto y tejer, grandes ordenadores, grandes impresoras, etc.
<b>5. Pequeños aparatos (sin ninguna dimensión exterior superior a 50 cm)</b>	Aspiradoras, limpia moquetas, máquinas de coser, luminarias, hornos microondas, aparatos de ventilación, planchas, tostadoras, cuchillos eléctricos, hervidores eléctricos, relojes, maquinillas de afeitar eléctricas, básculas, aparatos para el cuidado del pelo y el cuerpo, calculadoras, aparatos de radio, videocámaras, aparatos de grabación de vídeo, cadenas de alta fidelidad, etc.
<b>6. Aparatos de informática y de telecomunicaciones pequeños (sin ninguna dimensión exterior superior a los 50 cm)</b>	Teléfonos móviles, GPS, calculadoras de bolsillo, encaminadores, ordenadores personales, impresoras, teléfonos.

Fuente: Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea (2012), adaptación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017).

Actualmente Colombia clasifica los aparatos eléctricos y electrónicos en tres líneas de colores, de tal forma que las categorías de los grandes y pequeños electrodomésticos abarcarían *la línea blanca*, los equipos de informática y telecomunicaciones *la línea gris* y los aparatos electrónicos de consumo *la línea marrón* (tabla 3) (MINAMBIENTE, 2017).

**Tabla 3***Clasificación según la línea de color*

<b>Línea blanca</b>		
<b>Electrodomésticos.</b> Incluye los electrodomésticos que sirven para la cocina, el lavado, la refrigeración y la ventilación.	Neveras y congeladores Lavaplatos y lavadores Hornos y Cocina	
<b>Línea marrón</b>		
<b>Equipos de consumo, audio y video.</b> Comprende una parte de la electrónica de consumo que engloba todos los equipos electrónicos utilizados cotidianamente para el entretenimiento, las comunicaciones y la oficina.	Televisores Videos Equipo de música	
<b>Línea gris</b>		
<b>TCI, ofimática.</b> Hace referencia a los equipos y aparatos de la gama de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) e incluye los computadores, impresoras, copiadoras, celulares y periféricos.	Computadoras y periféricos Celulares Impresoras y faxes	

Fuente: Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea (2002), adaptación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017).

### 5.2.2 Sustancias químicas y peligrosas de los equipos biomédicos

Debido a que el rango de aparatos que está clasificado como RAEE es muy amplio, son muchas las sustancias químicas contenidas en los mismos y éstas van a variar de acuerdo a cada tipo de aparato (Pérez & Arroyo, 2017). La composición de los RAEE, en general, cubre la mayor parte de los elementos existentes e incluye elementos y compuestos químicos muy tóxicos pero que a su vez tienen un valor económico. Dentro de todos estos componentes los de mayor preocupación, desde el punto de vista medioambiental, son aquellos que contienen metales pesados tales como mercurio, plomo, cadmio, cromo, sustancias halogenadas como clorofluorocarbonos (CFCs), policlorobifenilos (PCBs) y los policloruro de vinilo (PVCs), algún retardador de llama o también amianto y arsénico (Agudelo, 2013; Casas, 2018). En términos

generales, en los RAEE se encuentran metales ferrosos y no ferrosos, plásticos, vidrio, madera, tarjetas de circuito impreso, cerámica, caucho y otros artículos. Los metales no ferrosos consisten en metales como el cobre, el aluminio y metales preciosos como la plata, el oro, el platino y el paladio (United Nations Environmental Programme, 2007).

En la tabla 4 se presenta la composición de algunas de las categorías de aparatos eléctricos y electrónicos más representativas de RAEE:

**Tabla 4**

*Composición porcentual de materiales presentes en los RAEE*

<b>Material</b>	<b>Grandes electrodomésticos (%)</b>	<b>Pequeños electrodomésticos (%)</b>	<b>TIC y electrónica de consumo (%)</b>	<b>Lámparas (%)</b>
<b>Metal ferroso</b>	43	29	36	-
<b>Al</b>	14	9.3	5	14
<b>Cu</b>	12	17	4	0.22
<b>Pb</b>	1.6	0.57	0.29	-
<b>Cd</b>	0.0014	0.0068	0.018	-
<b>Hg</b>	0.000038	0.000018	0.00007	0.02
<b>Au</b>	0.00000067	0.00000061	0.00024	-
<b>Ag</b>	0.0000077	0.000007	0.0012	-
<b>Pd</b>	0.0000003	0.00000024	0.00006	-
<b>In</b>	0	0	0.0005	0.0005
<b>Plásticos bromados</b>	0.29	0.75	18	3.7
<b>Plásticos</b>	19	37	12	0
<b>Vidrio con plomo</b>	0	0	19	0
<b>Vidrio</b>	0.017	0.16	0.3	77
<b>Otros</b>	10	6.9	5.7	5
<b>Total</b>	100	100	100	1000

Fuente: Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (EMPA) (2016).

Los equipos de tipo biomédico, al convertirse en RAEE representan una oportunidad de negocio dado el contenido de materiales valiosos que puedan poseer, sin embargo, también contienen una amplia variedad de sustancias tóxicas, altamente contaminantes que pueden ocasionar afectaciones al ambiente y a la salud humana. Es importante resaltar que estas sustancias no son consideradas RAEE pero si residuos peligrosos, por lo tanto deben tener un

manejo adecuado de acuerdo al Decreto N° 4741 de 2005. Algunas de estas sustancias y/o componentes se citan a continuación:

#### ***5.2.2.1 Aceites Minerales***

Los aceites minerales proceden del petróleo, y son elaborados del mismo después de múltiples procesos en sus plantas de producción, llamadas refinerías. El petróleo bruto tiene diferentes componentes que lo hace indicado para distintos tipos de producto final, siendo el más adecuado para obtener aceites: el Crudo Parafínico (Vázquez & Canayo, 2017; Carrión, 2007).

Los aceites minerales pueden estar presentes en distintos equipos ya sean eléctricos o electrónicos como radiadores, equipos de rayos X, condensadores, entre otros. Una de sus principales características es que están compuestos por hidrocarburos saturados y no saturados, ambos procedentes del petróleo (Velázquez, 2016). Como los aceites usados son una mezcla de diversos compuestos, estos se contaminan durante su utilización con diferentes productos y materiales tales como agua, partículas metálicas, compuestos organometálicos, ácidos orgánicos o inorgánicos, compuestos de azufre, restos de aditivos (fenoles, compuestos de cinc, cloro y fósforo), compuestos clorados (disolventes, PCBs, PCTs) e hidrocarburos polinucleares aromáticos (PNA) (Peña et al., 2011). Cuando eso pasa, se recomienda cambiarlo por un aceite nuevo, lo que conlleva a que se generen residuos llamados aceites usados, el cual es considerado un residuo peligroso.

Los aceites minerales lubricantes usados, constituyen un agente contaminante de consideración, si se tiene en cuenta la cantidad anual vertida al medio ambiente y su difícil destrucción por medios naturales (Villanueva, 2005). En este sentido, éste tendrá efectos sobre el medio ambiente debido a su baja biodegradabilidad, convirtiéndose en una fuente de contaminación particularmente del suelo, donde estos tienen a cubrir cierta área y provocan una

disminución del oxígeno, así el humus vegetal se va degradando y finalmente ocasiona una pérdida de la fertilidad. De igual similar puede afectar al recurso hídrico, una vez que son vertidos a los cuerpos de agua, se origina una película impermeable entre la atmósfera y la superficie acuática lo que produce una disminución del oxígeno disuelto en el agua, sin olvidar que por el proceso de filtración pueden contaminar aguas subterráneas (Velázquez, 2016).

#### ***5.2.2.2 Componentes de mercurio***

El mercurio es el único metal que se presenta líquido a temperatura ambiente y es sumamente volátil, además posee una alta capacidad para formar compuestos orgánicos e inorgánicos. Este metal puede estar presente en diversos aparatos eléctricos y electrónicos como electrodomésticos, aparatos domésticos a gas, productos electrónicos, lámparas, pilas y baterías (a partir de celdas de Zn/Hg), productos farmacéuticos y cosméticos, sin embargo, es cada vez menos empleado por su carácter nocivo (Vélez, 2010; Polanco, 2011). El mercurio también es utilizado en un gran número de instrumentos médicos e industriales para la medida y el control de diversos parámetros; estos incluyen termómetros, sensores de presión e instrumentos de navegación. Durante la producción de termómetros, la emisión de mercurio puede darse en las etapas de purificación y traslado del mercurio, en la etapa de rellenado del mercurio, o en accidentes como vertidos o rotura (Martínez, 2004). En cualquier caso, los compuestos de mercurio son productos químicos altamente peligrosos para la salud humana ya que ocasiona daños irreversibles en el sistema nervioso central, principalmente en las etapas de mayor vulnerabilidad y el medio ambiente (Gaioli et. al., 2012).

Su uso está severamente restringido; las restricciones comprenden todas las formulaciones y usos de productos, incluyendo compuestos inorgánicos, alquílicos, alcoxialquílicos y arílicos. Por ejemplo, los fabricantes de electrodomésticos y otros aparatos electrónicos como

ordenadores y teléfonos móviles que contengan dicho componente no se puede comercializar, en la Unión Europea (ElMundo.es, 2006).

Por su parte, un factor muy importante de los efectos del mercurio en el medio ambiente es su capacidad para acumularse en organismos y ascender por la cadena alimentaria (Fuentes et al., 2018a), sin embargo, hasta cierto punto, todas las formas de mercurio pueden llegar a acumularse; el Metilmercurio (MeHg), por ejemplo, es una de las formas más tóxicas en que se presenta este componente (Fuentes et al., 2018b), el cual se forma mediante el contacto del mercurio con un ambiente acuático. Siendo el pescado la principal fuente de ingesta de MeHg por las personas, se ha comprobado que una exposición crónica pero baja al MeHg por un consumo habitual de pescado, en un caso específico como las mujeres embarazadas, produce efectos persistentes en su desarrollo neurocognitivo, las áreas más afectadas fueron el lenguaje, la atención y la memoria y en menor medida las funciones visoespaciales y motoras (Mozaffarian & Rimm, 2006; Gonzáles et. al., 2014).

#### ***5.2.2.3 Pilas y acumuladores***

Las pilas y acumuladores son una fuente de energía bastante usada en la actualidad como forma de obtener corriente eléctrica de una fuente no fija. Ahora bien, dentro de estos conceptos, hay que distinguir entre pilas y acumuladores, las primeras están constituidas por uno o varios elementos primarios (éstos no pueden ser regenerados y por tanto no son recargables), en cuanto a los segundos están constituidos por uno o varios elementos secundarios (éstos pueden ser regenerados y por tanto son recargables mediante una corriente adecuada de carga), la vida útil de un acumulador se relaciona en principio con el número de ciclos de carga-descarga que tolera sin deteriorarse apreciablemente. Es decir, una vez agotado el acumulador se pueden regenerar los elementos activos, por tanto, su vida puede contemplar varios ciclos de carga y descarga, cosa

que no ocurre con la pila. En este sentido, las pilas y los acumuladores, son dispositivos que permiten la obtención de energía eléctrica por transformación de la energía química. Ambos se utilizan en transistores, juguetes, linternas, relojes, calculadoras, cámaras fotográficas, teléfonos móviles, etc. (Gómez, 2010; Ayala, 2017)

Las pilas y acumuladores contienen en distintas proporciones algunos metales pesados como el mercurio, el cadmio o el plomo. La composición química de los acumuladores va a depender de su tipo, en este sentido, existen:

- *Acumulador de plomo:* Se encuentran 2 grupos principales de acumuladores de plomo, ya sea electrolito inundado o ventiladas (VLA) donde los electrodos se encuentran sumergidos en exceso de electrolito líquido, y selladas o reguladas por válvula (VRLA), donde el electrolito se encuentra inmovilizado en un separador absorbente o en un gel. Este tipo de acumuladores está compuesto por placas de plomo (rejilla de plomo y masa activa) y material microporoso de aislamiento (separadores) entre placas de polaridad opuesta (Padrón, 2013).
- *Acumulador de níquel-cadmio:* Está basado en el sistema oxihidróxido de níquel/hidróxido potásico/cadmio; es superior al de plomo en muchos aspectos: autodescarga, corrosión, vida útil, gama de temperaturas de funcionamiento, tolerancia a altos regímenes, dependencia capacidad/descarga, etc. Su vida útil en funcionamiento normal puede superar los 15 años (Otón et. al., 2000).
- *Acumulador de zinc:* presentan una vida útil corta por lo que añaden aditivos al electrodo negativo (como grafito) y al electrolito (Hidróxido de Calcio), y se utilizan polímeros resistentes como separadores (polipropileno) (Salinas, 2016).
- *Acumulador de sodio-azufre:* funcionan a una temperatura de 300-350°C y su electrolito es sólido, concretamente una cerámica de alúmina, que permite la difusión de los iones sodio



formando con el azufre  $S_3Na_2$ . Su potencia es de 2,1 V y su densidad práctica de energía unos 200 Wh/kg<sup>-1</sup> (Otón et. al., 2000).

Tanto las pilas como los acumuladores se consideran potencialmente peligrosos para la salud y el medio ambiente. En términos generales, las pilas, al ser desechadas se oxidan con el paso del tiempo por la descomposición de sus elementos y de la materia orgánica que las circunda, lo que provoca daños a la carcasa o envoltura y, por consiguiente, la liberación al ambiente de sus componentes tóxicos a los suelos cercanos y a los cuerpos de agua superficiales o subterráneos. Otras causas de considerable importancia que contribuyen a la liberación de esos componentes son los incendios de los basureros o la quema intencional de basura, lo cual representa un aporte significativo de esos contaminantes al aire (Castro & Díaz, 2004).

#### ***5.2.2.4 Cartuchos de tintas y tóner***

Los productos consumibles (cartuchos) de la impresión se componen de la tinta o el tóner, del papel y además de todo el conjunto de elementos que integran a los mismos. Para la industria de los consumibles el éxito de una impresión de calidad depende aproximadamente de un 70% del tipo de cartucho, ya que sus partes están diseñadas específicamente para el equipo que el usuario decide utilizar. Ahora bien, la inyección de tinta láser mejor conocido como tóner es un pigmento que utilizan ciertas fotocopiadoras e impresoras para reproducir letras e imágenes. A diferencia del funcionamiento de las impresoras que emplean cartuchos de tinta (tintas líquidas), el láser utiliza tóner, el cual es tinta seca en polvo que ha sido cargada eléctricamente. Se utiliza en las impresoras láser, máquinas de fax y fotocopiadoras. Existen diferentes tipos de tóner que se utilizan para recargar, siendo el más común el de micro partículas, que se basa en un polvo fino volátil, básicamente formado por carbón y hierro, y entre cuyos principales componentes se

encuentran el cromo, el cobre, los cianuros inorgánicos, los acrílicos, el revelador y las partículas termoplástico (Ramírez, et. al., 2015).

Desde esta perspectiva, varias sustancias que componen el tóner representan riesgos a la salud en la exposición directa de emisiones durante el proceso de impresión y/o fotocopiado. Los productos químicos típicos son: monóxido de carbono, óxido de nitrógeno y una gama de compuestos orgánicos volátiles, varios de cuales son cancerígenos. Las partículas pequeñas son peligrosas porque se pueden respirar y pasar fácilmente a las regiones más pequeñas de los pulmones e incluso al riego sanguíneo. Potencialmente pueden causar problemas respiratorios y cardiovasculares (Ríos, 2015).

El funcionamiento de un cartucho de tinta realmente es una impresión por burbujas de tinta producidas por temperatura en el cabezal. Este tipo de cartucho posee una parte de metal con un circuito integrado que lleva una pequeña corriente eléctrica a una lámina de cobre que tiene entre 100 y 400 inyectores, a esta parte se le llama cabezal. El circuito es refrigerado por la propia tinta cuando esta se acaba, entonces el cartucho está expuesto a quemarse, en pocas palabras este tipo de cartucho necesita algo de tinta para que se pueda volver a recargar (Gutiérrez, 2008).

#### ***5.2.2.5 Lámparas fluorescentes (LFCs)***

Las opciones tecnológicas en el mercado de LFCs se han ido incrementando en los últimos años, con potencias que, fundamentalmente, han ido en crecimiento encontrándose en este momento lámparas de este tipo de hasta 200W (Iglesias & Tanides, 2010). Estas lámparas requieren de un voltaje mayor durante el encendido y un elemento limitador de la corriente que circula a través de ella durante su estado estable. Para ello se utilizan balastos electromagnéticos o electrónicos, operando a la frecuencia de línea. Cabe resaltar que cuando se opera una lámpara fluorescente a una frecuencia mucho mayor que la de línea (entre 20 y 60KHz), ésta presenta un

comportamiento muy diferente con respecto a la línea de 50 ó 60 Hz, lo cual se ve reflejado en que se incrementa su eficacia luminosa, se eliminan los parpadeos, el efecto estroboscópico y los zumbidos. Las LFCs son una variante mejorada de las lámparas de tubos rectos fluorescentes, y pueden tener uno o más tubos rectos, aunque si su forma es helicoidal, la distribución del flujo luminoso es mejor (Echazú & Cadena, 2012).

Las LFCs son activadas por vapor de mercurio a baja presión (0.8 Pa); son fuentes luminosas a consecuencia de una descarga eléctrica en atmósfera de vapor de mercurio a baja presión, en las que la luz se genera por el fenómeno de la fluorescencia, el cual consiste en que determinadas sustancias luminiscentes, al ser excitadas por la radiación ultravioleta invisible del vapor de mercurio a baja presión, transforman esta radiación en otra radiación visible. La LFC normal consta de un tubo de vidrio de diámetro y longitud variada según la potencia, recubierto internamente de una capa de sustancia fluorescente (Inti, 2014). En este sentido, existen distintas LFCs, que van desde lámparas fluorescentes tubulares o lineales, lámparas fluorescente y lámparas de vapor de mercurio (Miranda et al., 2014).

Estas últimas ha generado gran atención debido al proceso por el que el mercurio contenido en este tipo de lámparas se introduce al medio ambiente; inicia cuando las lámparas son rotas, al depositarlas de forma inadecuada en los basureros o al ser recolectadas por camiones no aptos para el transporte de este tipo de desechos; y en los rellenos sanitarios, cuando los lixiviados que se generan están en contacto con lámparas fluorescentes, contaminan los lixiviados con mercurio. Los lixiviados, al infiltrarse en el suelo, son capaces de alcanzar aguas subterráneas, las cuales llegan a cursos de aguas superficiales; y luego el agua es ocupada para usos múltiples (Angulo & Romero, 2006).

#### **5.2.2.6 Sustancias bromadas**

Si bien los aparatos eléctricos y electrónicos poseen sustancias orgánicas halogenadas llamadas cloruro de polivinilo o (PVC) y los retardantes de llama bromados (BFR, según sus siglas en inglés) ambas son altamente tóxicas y forman parte de las carcasas plásticas, cables, monitores y placas de circuitos impresos. Al ser sustancias ignífugas, en la actualidad son muy empleadas en el sector de plásticos para la protección de incendios. Sin embargo, todavía está por mejorar la forma en que se deben gestionar los residuos de plásticos que incorporan estos retardantes (Magariños et. al., 2013). Los retardantes de llama son sustancias químicas que se añaden a los plásticos y otras sustancias potencialmente inflamables para mejorar sus propiedades de resistencia al fuego. Un retardante de llama debería inhibir o suprimir el proceso de combustión. Dependiendo de su naturaleza, los retardantes de llama pueden actuar química o físicamente en el estado sólido, líquido o gaseoso (Martínez, 2008).

Los retardantes de llama bromados (BFRs), entre los que destacan el tetrabromo bisfenol A (TBBPA), el hexabromociclododecano (HBCD), y los polibromo-difeniléteres (PBDEs), se emplean en una gran variedad de productos comerciales, tales como muebles, plásticos, tejidos, pinturas, aparatos electrónicos, etc. (Permanyer, 2013; Bondia, 2014).

Existe una creciente preocupación en conocer la evaluación de riesgo en la comunidad científica de los PBDEs al ser moléculas muy parecidas a las dioxinas y furanos. Millones de kilogramos alcanzan el medioambiente por la fabricación y uso industrial de estas sustancias, por el uso de los materiales que los contienen, una vez desechados, y por la incineración. El 75% de las emisiones alcanzan el suelo, un pequeño porcentaje el aire, y un 24,9% acaba en los sedimentos marinos (Ortega et. al., 2005). Los efectos ocasionados en los seres humanos a una exposición a este tipo de compuestos, son diversos. De acuerdo a Zhou et. al., (2001), los PBDEs alteran la función tiroidea por dos mecanismos: al igual que las dioxinas, pueden activar las

enzimas que disminuyen los niveles de hormonas tiroideas, o a través de unas enzimas de detoxificación (hidroxilación) que convierten algún PBDE en metabolitos estructuralmente parecidos con las hormonas tiroideas; estos metabolitos se unen a la proteína transportadora de tiroxina, alterando la función apropiada del sistema tiroideo.

#### ***5.2.2.7 Amianto o Asbesto***

El término amianto o también conocido como asbesto, hace referencia a un grupo de silicatos microcristalinos fibrosos de composición química variable, compuesto por fibras microscópicas. Existen distintas variedades divididas entre el amianto: serpentina que incluye el crisotilo y el amianto: anfobólico que comprende la crocidolita, la amosita y la antofilita; todos ellos considerados cancerígenos en humanos de acuerdo al Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS); la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) (World Health Organization-WHO, 2000; Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente de Aragón, 2016).

El amianto se ha utilizado para fabricar productos destinados a aplicaciones muy diversas, como tejas para techos, canalizaciones de agua, mantas ignífugas, rellenos para plásticos y embalajes de productos de uso médico y, también, componentes de embragues, frenos, juntas de culatas y fieltros de amianto para tejados, sin embargo, debido al aumento de los problemas de salud que ocasiona, muchos países han reducido su utilización (Menéndez, 2012).

En cuanto a los efectos del amianto sobre la salud, mediante su inhalación se pueden desarrollar lentamente lesiones que parecen cicatrices en el pulmón y en la membrana que rodea los pulmones. Este tejido parecido a cicatrices no se expande o contrae como lo hace el tejido del pulmón normal, por consiguiente, se hace difícil respirar. También puede que disminuya el flujo de sangre a los pulmones, y esto hace que el corazón se dilate. Esta enfermedad se llama

asbestosis; Las personas que sufre de asbestosis tiene dificultad para respirar y a menudo tiene tos, por tal motivo es una enfermedad grave que eventualmente puede producir incapacidad y la muerte en gente expuesta a altos niveles de amianto durante largo tiempo (Agencias para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades-ATSDR, 2011).

#### ***5.2.2.8 Gases fluorocarbonados***

Los gases fluorocarbonados son refrigerantes sintéticos, refrigerantes a base de flúor o refrigerantes de halocarbonos o fluorocarburos, que abarcan un amplio grupo de productos también conocidos como clorofluorocarbonos (CFCs), hidrofluorocarbonos (HCFCs) y hidrofluoro-olefinas (HFOs), utilizados principalmente como refrigerantes. Son empleados en refrigerantes, propelentes de aerosoles, solventes, y extinguidores de fuego, también están presente en los sistemas de aire acondicionado (Urquijo, 2014).

Debido a que algunos de estos gases son menos tóxicos que los correspondientes hidrocarburos clorados o bromados, las preocupaciones ambientales relacionadas con la reducción de la capa de ozono y el calentamiento global han llevado a un control legislativo y al desarrollo de nuevas generaciones de refrigerantes basado en fluorocarbonos, como los mencionados anteriormente. Esta menor toxicidad puede deberse a una mayor estabilidad del enlace C-F y, tal vez también, a la menor solubilidad lipóide de las sustancias más fluoradas.

Por su parte, los CFCs son los principales responsables de la destrucción de la capa de ozono, ya que los iones cloro liberados por la radiación ultravioleta reaccionan con el ozono. El aumento de las concentraciones de estos gases en la atmósfera y su dispersión en el aire provocan en las personas sequedad y cáncer en la piel, queratinización del cabello, y alteraciones del sistema inmunológico y de los ojos (Montaño & Sandoval, 2007).

#### **5.2.2.9 Tubos de rayos catódicos (TRC)**

Un tubo de rayos catódicos es un dispositivo que permite la visualización de imágenes. Todos los sistemas de monitorización utilizaban este dispositivo hasta la aparición de las pantallas LCD y LED, es decir, que este tipo de componentes se encuentra en los televisores y monitores, aunque también pueden encontrarse en aparatos profesionales como osciloscopios y equipos de proyección o información pública. (Pérez, 2000)

En los tubos más antiguos y en algunos modernos, fueron empleadas sustancias tóxicas en su fabricación como cadmio, fósforo, bario, etc. En la actualidad han ido reemplazando por otras más seguras. La implosión o en todo caso la rotura del vidrio causa la dispersión de estos materiales. En la eliminación y reciclado de los tubos se tiene que tener en cuenta además la presencia de plomo en el cristal que puede llegar hasta un 10 y 25% para todas las pantallas de los tubos de rayos catódicos “blanco/negro” y un 4% de vidrios de pantalla a color. A su vez la cara interior de la pantalla esta activada por un recubrimiento de material fluorescente que contiene frecuentemente sulfuros de cadmio y zinc (Velásquez, 2016).

#### **5.2.2.10 Placas o tarjetas de circuito impreso (PCI)**

Los circuitos se generan sobre una fina plancha de materiales puramente semiconductores. Para ello, se emplea mayoritariamente el silicio, aunque también se usan semiconductores compuestos para aplicaciones específicas como el arseniuro de galio. Diversos pasos son necesarios en el proceso de fabricación, importante para comprender la diversidad de materiales presentes en este componente base de los AEE. Los pasos principales en su fabricación son: oxidación, fotolitografía, grabado, doping y metalización (Permanyer, 2013).

El interés de reciclar PCI radica en la recuperación de Cu, Ni, Co, etc., así como metales preciosos (Au, Ag, Pt, Pd, Rh, etc.). En la siguiente figura se muestra un esquema de reciclaje para la recuperación de metales valiosos y preciosos de las tarjetas de circuitos.

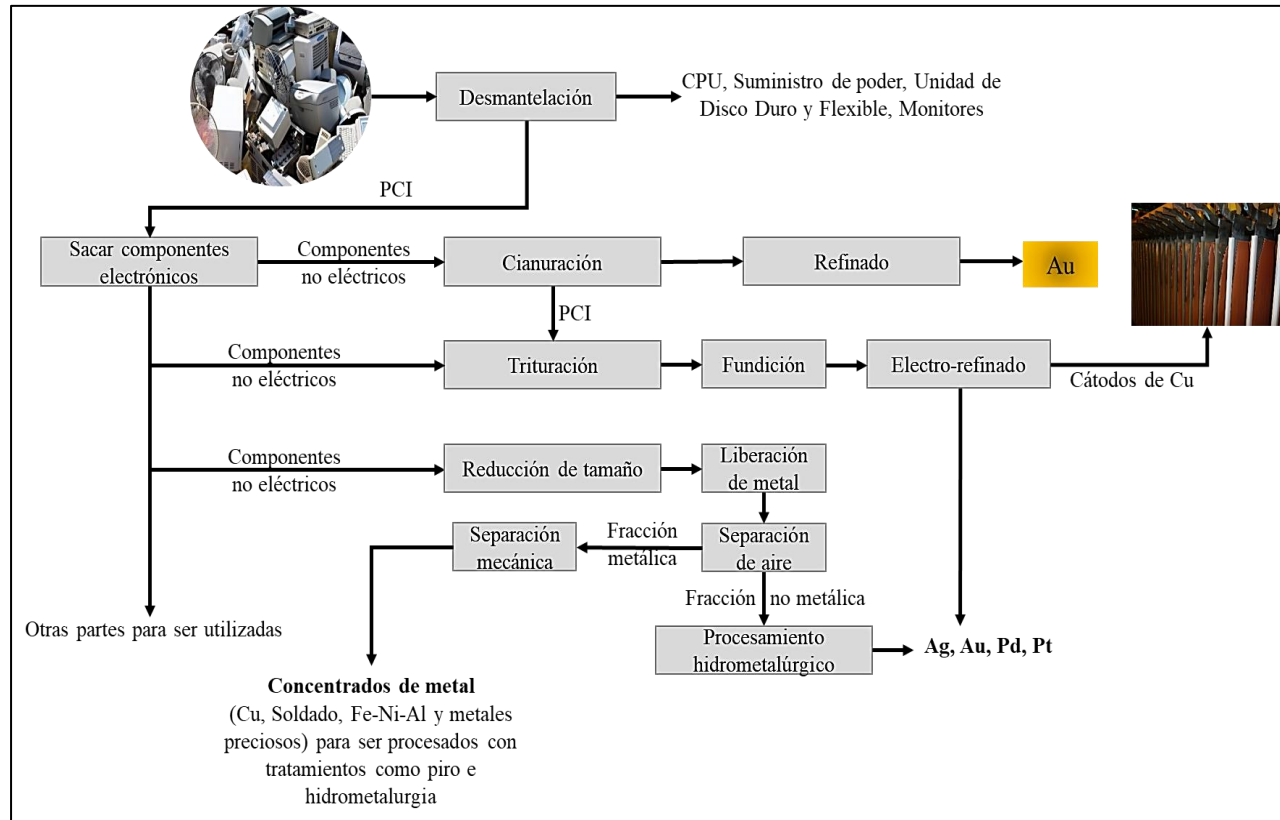


Figura 1. Esquema de reciclaje para la recuperación de metales valiosos y preciosos de placas o tarjetas de circuito. Fuente: Lee & Srivastava, 2016.

Las tarjetas de circuito trituradas se someten a la fundición de Cu o Pb en una cantidad fija mezclada con la carga de mineral fresco o concentrado para la recuperación de cobre y metales preciosos. La composición de Cu es adecuada para este tipo de procesos, y los metales preciosos pueden tomarse fácilmente en el procesamiento corriente abajo de la producción electrolítica de Cu. Sin embargo, dentro las desventajas de los procesos se pueden encontrar: la contaminación del aire, las pérdidas de Zn, Sn, Pb y metales nobles lo que ha dado lugar al pretratamiento mecánico en combinación con la recuperación hidrometalúrgica de metales preciosos (Lee et al., 2007; Lee & Srivastava, 2016; Zeng et al., 2016).



### 5.2.2.11 Metales pesados

Los RAEE contienen, entre otros contaminantes, metales pesados como cadmio, plomo y níquel, además de mercurio y plásticos bromados. Durante su vida útil, estos componentes son inofensivos, ya que están contenidos en placas, circuitos, conectores o cables, pero al ser desechados, si toman contacto con el agua y la materia orgánica, reaccionan liberando tóxicos al suelo y a las fuentes de aguas subterráneas. Debido a su carácter no biodegradable, estos desechos atentan contra el ambiente y la salud de los seres vivos (Peñaloza, et al., 2014; Fuentes et al., 2018). Los metales pesados son los componentes más apreciados presentes en los AEE por su alto valor en el mercado, metales preciosos como el oro, el platino y el paladio, y los materiales especiales, como el indio, el selenio, el telurio, el tantalio, el bismuto y el antimonio (Chancerel et. al., 2009). El oro, por ejemplo, es una parte esencial en la fabricación de los chips, presentes en las placas base de los dispositivos eléctricos y electrónicos en su interior, pero no se puede recuperar la misma cantidad de metal de todos los chips. La pirometalurgia y procesos hidrometalúrgicos son usados para realizar esta extracción en chips (Permanyer, 2013).

En la tabla 5 se presenta la composición de metales de algunas de las categorías de aparatos eléctricos y electrónicos más representativas de los RAEE.

**Tabla 5**

*Localización en los RAEE de metales pesados y otros metales.*

<b>Metales pesados y otros metales</b>	<b>Localización en los RAEE</b>
<b>Arsénico</b>	Pequeñas cantidades en forma de arseniuro de galio en diodos emisores de luz (LED)
<b>Bario</b>	Captadores (getters) en tubos de rayos catódicos (TRC).
<b>Berilio</b>	Fuentes de potencia que contienen rectificadores controlados de silicio y lentes de rayos X
<b>Oro</b>	Placas base (chips) de dispositivos eléctricos y electrónicos
<b>Plomo</b>	Pantallas de TRC, baterías y tarjetas de circuito impreso
<b>Cadmio</b>	Baterías recargables de Ni-Cd, película fluorescente (pantallas de TRC), tintas de impresora y tóner y máquinas de fotocopias (tambor de impresión)

<b>Cromo VI</b>	Cintas de datos y discos flexibles
<b>Litio</b>	Baterías de litio
<b>Mercurio</b>	Lámparas fluorescentes que proporcionan iluminación en LCD, en algunas pilas alcalinas y el mercurio como contacto en interruptores
<b>Níquel</b>	Baterías recargables de Ni-Cd o Ni-MH y cañón de electrones en los TRC
<b>Tierra raras (itrio, europio)</b>	Capa fluorescente (pantalla de los TRC)
<b>Selenio</b>	Máquinas de fotocopias antiguas (fototambores)
<b>Sulfuro de zinc</b>	Interior de las pantallas de tubos de rayos catódicos, mezclado con metales de tierras raras

Fuente: Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (EMPA) (2016).

### 5.2.3 Técnicas de aprovechamiento o disposición final

Si bien todos los aparatos que necesitan de un suministro de energía para funcionar son considerados aparatos eléctricos y electrónicos, estos al cumplir con su ciclo de utilidad se convierten en residuos y deben ser tratados de una forma adecuada mediante técnicas o procesos que permitan recuperar los componentes que representan un valor económico y tratar aquellos que pueden ocasionar impactos negativos al medio ambiente y afectaciones en la salud de las personas. Es importante tener en cuenta que antes de llevar a cabo las técnicas de disposición final, se deben seleccionar y extraer previamente las partes del dispositivo que están compuestos por sustancias peligrosas. En este sentido, Velásquez (2016) afirma que la identificación y manipulación de estos componentes requiere de una preparación e información específica, además hace énfasis en que las medidas de seguridad y control para deben seguirse desde el principio hasta el final del proceso de tratamiento.

En el caso colombiano se encuentran varios niveles de gestión dentro de los gestores formales existentes, unos simplemente se limitan a realizar partes de la cadena de aprovechamiento y disposición final de RAEE, como almacenamiento temporal, otros incluyen el desmantelamiento básico, y algunos desarrollan un proceso que se considera más avanzado como es la clasificación y separación de los diferentes elementos y materiales encontrados en estos equipos, para su

posterior comercialización, bien sea a nivel nacional o internacional. También se encuentran otros que simplemente se encargan de llevar a cabo la disposición final de algunos residuos generados durante el proceso de aprovechamiento de los RAEE (Ávila & Jaramillo, 2013). De este modo, para el aprovechamiento de los RAEE se requieren dos mecanismos: la reutilización y el reciclaje.

#### ***5.2.3.1 Reutilización***

En un escenario actual en el que la generación de RAEE se incrementa anualmente a nivel mundial, es necesario definir técnicas que eviten las consecuencias negativas sobre el entorno de una gestión inadecuada, siendo la reutilización un modo muy interesante al abordar el problema de los RAEE. La reutilización se define como cualquier operación mediante la cual los componentes de los RAEE se utilicen con el mismo propósito que el AEE, cubriendo también las partes de componentes de dichos equipos que fueron devueltos a los puntos de recolección (Ibanescu et. al, 2018). Se basa en el reacondicionamiento de los diferentes equipos con el fin de que estos sean ingresados nuevamente en el mercado y de esta manera se prolongue su ciclo de vida útil (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MINAMBIENTE, 2009). Otra ventaja de esta técnica es que los aparatos reutilizados representan una oportunidad de compra para las familias menos favorecidas, pues generalmente estos son de bajo costo en comparación con uno nuevo. De esta manera, no solo se está contribuyendo a reducir la cantidad de RAEE que pueden ser generados, sino que también se disminuye la exclusión social.

Varios países han desarrollado sistemas mixtos de gestión de RAEE basados en los sistemas de gestión municipal existentes, mediante los cuales los ayuntamientos organizan la recogida de RAEE generados por hogares particulares y la gestión de los parques de contenedores y demás puntos de recogida, mientras que los productores se encargan de su reutilización o reciclaje. La

función de minoristas y distribuidores puede variar enormemente según los países. Por ejemplo, la cadena comercial es el principal canal de recuperación de RAEE en Suiza, donde se considera a los minoristas especialistas en evaluar las posibilidades de reparación para su posible reutilización, y reciclaje de los AEE devueltos; por su parte Bélgica, tras la recogida, la primera fase consiste en separar los aparatos reutilizables de los no reutilizables, a través de empresas de economía social u otras compañías; en Países Bajos, se descarta la reutilización de aparatos de refrigeración y congelación que contengan CFC de HCFC; y en el caso de Noruega, los AEE reutilizados en su forma y para su función originales no se considerarán residuos (Hannequart, 2003).

En Latinoamérica la reutilización está enfocada a proyectos de reacondicionamiento de computadores por medio de iniciativas sociales teniendo como objetivo reducir la brecha digital a través de la donación de computadores. Teniendo como modelo de referencia la iniciativa canadiense “Computers for Schools”. En este contexto se han desarrollado diversos proyectos en América Latina, que difieren en su diseño operacional y cobertura (Velásquez, 2016). En Colombia, uno de los programas que promueve la reutilización de AEE es sin duda “Computadores para Educar”, el cual tiene como objetivo alcanzar la sostenibilidad ambiental. Por ende, creó un centro de aprovechamiento de residuos electrónicos que son generados en el proceso y además recibe equipos de las sedes que han sido beneficiadas y que ya no tienen la misma utilidad permitiendo que sean tratados adecuadamente.

La reutilización de los RAEE no sólo permite ahorrar los costes de reciclaje y tratamiento, sino que también reportan beneficios por la reventa de los productos a precios inferiores que los nuevos. Sin embargo, este proceso puede presentar algunos obstáculos, los cuales definirán si estos equipos son aptos para ser reutilizados; por ejemplo, la edad del equipo (aspecto que determina en gran medida el consumo que realice de energía y agua, así como los riesgos

intrínsecos del aparato), el tipo y el modelo (determinar si el producto se ha quedado obsoleto con la aparición de tecnologías alternativa), también se encuentra como obstáculo, la demanda según su capacidad, función y utilidad, y el estado general del aparato (presencia de repuestos valiosos, tipo de avería principal, viabilidad de la reparación, gasto que supone reparar, comparándolo con el precio de un equipo nuevo (Molina, 2012).

### 5.2.3.2 *Reciclaje*

El procesamiento de RAEE es un problema creciente y un desafío mundial debido a la enorme cantidad que se genera en todo el mundo. Por lo general, los RAEE contienen materiales valiosos, además de algunos componentes peligrosos, que podrían generar beneficios económicos y ambientales si se reciclan adecuadamente (Dias et. al., 2018). La reutilización consiste en un proceso industrial en el cual se desea la transformación y recuperación de la materia prima contenida en los residuos de los materiales que componen los RAEE. El reciclaje de los residuos puede hacerse de manera manual, mecánica o combinando ambas técnicas, del cual se obtienen tres grandes grupos de materiales: vidrios, plásticos y metales (MINAMBIENTE, 2009).

En este sentido, los materiales que se reciclan de los RAEE, de acuerdo a Ibanescu et al. (2018), se presenta en la tabla 6. De estos componentes, se asume que: metales ferrosos, aluminio, vidrio, plásticos y madera, representan el 74.85% del total del material que se está reciclando con el alcance de la valorización material. El aceite, los refrigerantes, los circuitos impresos y los condensadores se someten a un tratamiento térmico, que representan el 2.42%; y no reciclable, y otros componentes que representan el 22,71%.

**Tabla 6**

*Porcentaje de los materiales que se reciclan de los RAEE.*

<b>Tipo de material</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Metal ferroso</b>	43.63
<b>Aluminio</b>	4.6

<b>Vidrio</b>	10.01
<b>Plástico</b>	14.61
<b>Condensadores</b>	0.1
<b>Madera</b>	2
<b>Aceite</b>	0.1
<b>Circuitos impresos</b>	2.2
<b>Refrigerantes</b>	0.02
<b>No reciclables</b>	4
<b>Otros componentes</b>	18.71

Fuente: Ibanescu et al., 2018.

Con el reciclaje de los RAEE se busca reducir la cantidad absoluta de eliminación de residuos y la recuperación de los metales y otros componentes, que pueden ser incorporados a otros productos. Este último beneficio ha sido reconocido por el sector no organizado al obtener beneficios económicos mediante la venta de la cantidad recuperada de los mismos. La mayoría de estudios y artículos sobre el tema distinguen que los metales, el vidrio y el plástico son los tres materiales más comunes en los RAEE, siendo estos los que ocupan la principal atención en cuanto al reciclaje.

*5.2.3.2.1 Metales.* Según Velásquez (2016), la primera separación que debe realizarse es entre metales férreos (hierro) y no férreos (aluminio, cobre, metales preciosos). Se puede usar la separación mediante imantación para metales férreos. Este tipo de material puede ser recuperado mediante trituración, incineración o enfriamiento. Algunos procesos químicos permiten separar los metales preciosos como el oro o la plata de los paneles de circuitos impresos.

*5.2.3.2.2 Vidrio.* Identificar y separar productos con elementos de vidrio suele ser un proceso complicado debido al contenido en metales pesados de estos materiales, principalmente televisores y monitores. El tubo de rayos catódicos se divide en vidrio de la pantalla (compuesto de bario y estroncio) y en vidrio cónico del embudo (con alto contenido en plomo). Para la

separación y el reciclaje de vidrios se utilizan métodos mecánicos y térmicos, combinados con métodos químicos para la recuperación de polvos de metales.

5.2.3.2.3 *Plástico*. La dificultad para llevar a cabo el reciclaje de materiales de plástico radica en la correcta clasificación de los diferentes tipos. La mayoría de recicladores utilizan la separación manual, aunque esto en algunos casos hace que no se lleve a cabo de manera correcta sino se tienen en cuenta las características y el tipo de plástico. Por ende, se está empezando a implantar la identificación de los polímeros comunes mediante rayos X y sensores de luz visible o rayos infrarrojos. Otros sistemas mecánicos incluyen la clasificación por aire, flotación o separación electrostática o espectroscópica. También existen procesos químicos que separan los polímeros y eliminan agentes contaminantes.

En la figura 2 se muestra un diagrama de flujo del proceso para el reciclaje de RAEE, donde se muestra que después del desmantelamiento de los RAEE recolectados por diferentes modos, se debe separar en seis tipos antes de continuar el tratamiento (Pathak et. al., 2017).

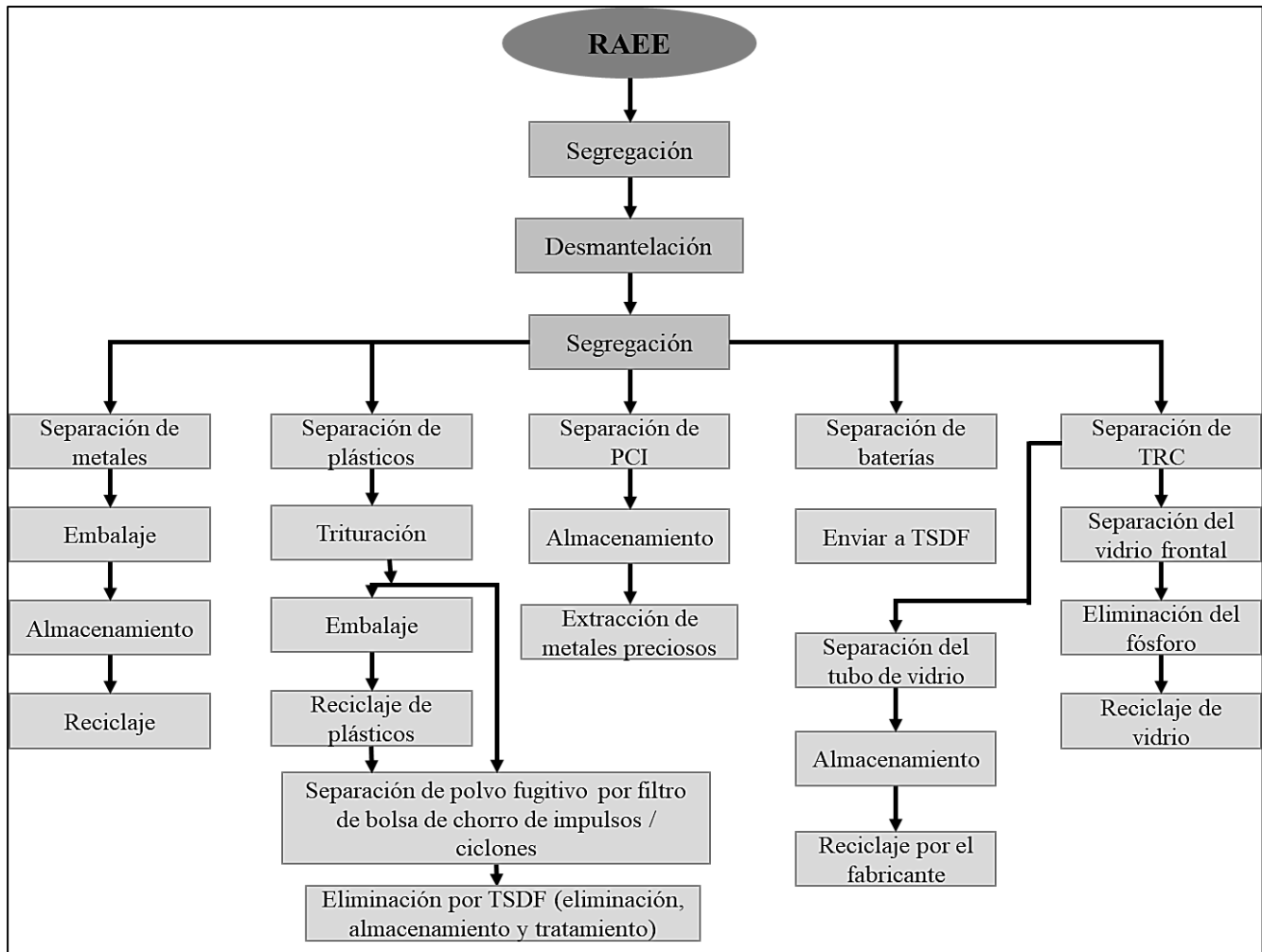


Figura 2. Diagrama de flujo general para la operación de reciclaje de RAEE adoptada por un reciclador organizado.  
Fuente: Pathak et. al., 2017.

Hay que tener en cuenta que el tipo de elementos estructurales en que se desmontan los RAEE dependen del contenido de elementos peligrosos de los distintos componentes, del valor de mercado para su reutilización, y de las opciones de reciclaje y eliminación disponibles, las cuales a menudo dependen de las condiciones locales (Permanyer, 2013).

### 5.2.3.3 Ciclo de Vida

El ciclo de vida es el principio que orienta la toma de decisiones, considerando las relaciones y efectos que cada una de las etapas del ciclo de vida de un aparato eléctrico y electrónico tiene sobre el conjunto de todas ellas. El ciclo de vida de un AEE comprende: extracción de materias



primas, diseño, distribución, uso y gestión Posconsumo (Del Valle, 2017; MINAMBIENTE, 2017).

En esta parte es importante mencionar que en Colombia tanto la vida útil como la decisión de descartar los AEE al final de su ciclo de vida, se extiende en el tiempo lo más posible y los aparatos suelen ser almacenados durante mucho tiempo, lo que puede conllevar a un manejo posterior inadecuado. Cuando estos aparatos se desechan, en el caso de la gestión informal, puede cumplir un rol importante en la recolección de los RAEE y en la recuperación de los materiales valiosos que estos contienen (Casas, 2018). En el caso de los gestores formales, para algunos tipos de RAEE, el tratamiento ambiental seguro que estos proporcionan, pueden resultar un poco costoso, mientras que para otros tipos, la recuperación de materiales y el reprocesamiento para el suministro como nuevas materias primas tiene un valor neto positivo (Artaraz et. al., 2017).

De forma general en la tabla 7 se muestran las etapas en el ciclo de vida de un AEE:

**Tabla 7**

*Etapas y sub-etapas del ciclo de vida de los AEE.*

<b>Etapas</b>	<b>Sub-etapas</b>
<b>Fabricación</b>	Extracción de materias primas
	Producción de componentes electrónicos
	Montaje de componentes
<b>Distribución</b>	Transporte desde la fabricación hasta el usuario
	Modelos de consumo
<b>Uso</b>	Consumo de electricidad
	Electricidad
	Reciclaje
<b>Fin de vida</b>	Reutilización

Fuente: Gonzáles et. al., 2017.

#### *5.2.3.3.1 Planes de Posconsumo*

El Posconsumo es una labor ambiental que consiste en entregar residuos peligrosos a las empresas fabricantes a través del programa Posconsumo a fin de garantizar su recolección, tratamiento y disposición final adecuada (Aguilar et. al., 2013). Estos permiten a los distintos actores involucrados ya sea expendedores, proveedores, consumidores, regresar los residuos Posconsumo mediante puntos o mecanismos de recolección teniendo en cuenta las cantidades necesarias y factores como la densidad poblacional de una determinada área. De acuerdo a información suministrada por la ANLA (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales), los resultados obtenidos por los sistemas de recolección y gestión de RAEE de computadores e impresoras, pilas y acumuladores y bombillas existentes, muestra que se recolectaron y gestionaron en el periodo 2012-2014 un total de 5.126 toneladas mediante gestores licenciados (MINAMBIENTE, 2017).

Resulta importante señalar la utilidad de la cadena de distribución y comercialización de los AEE dentro de los sistemas de gestión Posconsumo, ya que permiten a los consumidores la opción de devolución de los RAEE, ya sea a través de puntos de recolección o acopio permanentes, esto se logra mediante los sitios de venta de los AEE o incluso en eventos o campañas de recolección durante fechas especiales o periódicas. Para que lo anterior sea posible, es indispensable que tanto distribuidores y comercializadores reconozcan en la cadena de logística inversa, una vía expedita para lograr su gestión adecuada.

### **5.2.4 Definición de equipos biomédicos**

#### *5.2.4.1 Monitor de signos vitales*

Este dispositivo biomédico cumple la función de adquirir, amplificar, procesar, visualizar y registrar de forma continua algunos parámetros fisiológicos del paciente como el

electrocardiograma (ECG), pulso, respiración, presión invasiva (PI) y no invasiva (PNI), temperatura, entre otros parámetros dependiendo del tipo y marca del monitor empleado. Teniendo en cuenta su configuración, estos miden y despliegan ondas y/o información numérica que será representada en una pantalla. A su vez, consta de un sistema de alarmas visuales y auditivas que se activan cuando existe alguna situación adversa o fuera de los límites deseados (Mírez, 2011).

Dentro de los distintos tipos de monitores de signos vitales se encuentran los *fijos* y los de *transporte*, los primeros se clasifican en: anestesia, adulto-pediátrico y neonatal, los cuales se ubican en la cabecera del paciente y son sujetados a la máquina de anestesia o mediante un soporte especialmente diseñado. Los llamados de transporte se clasifican en intrahospitalarios, usados para el monitoreo del paciente dentro del mismo centro de salud, por lo general cuentan con una batería integrada con duración al menos de 2.5 horas; y los interhospitalarios, usados para el transporte del paciente de un centro de salud a otro, para conectarse a la ambulancia éstos deben contar con una conexión de 12V (Meneses & Toloza, 2006; Mírez, 2011).

#### **5.2.4.2 Centrifuga**

Una centrifuga es un equipo médico usado en clínicas, laboratorio, etc., que funciona bajo la fuerza centrífuga relativa (F.C.R.) que es la fuerza requerida para para producir una separación, la cual se basa en el movimiento de partículas por rotación y aceleración centrífuga a altas velocidades durante cortos periodos de tiempo. De esta manera se sedimentan los componentes de una solución homogénea en función de las distintas densidades, quedando finalmente una fracción sobrenadante y una fracción sedimentada, depositada en el fondo del tubo de centrifugación. En otras palabras, la centrifuga busca separar los solutos de sus solventes (Álvarez, 2017). Un ejemplo de ello es en los análisis de sangre, usada en la separación del

plasma de los otros componentes para ser analizado como glóbulos rojos, glóbulos blancos, plaquetas, entre otros. Dentro de las distintas partes de una centrifuga típica se pueden mencionar las siguientes: tapadera, cámara o gabinete, base, interruptor de encendido, marcador de tiempo, tacómetro, freno y control de velocidad (Dávila, 2007).

Dependiendo del tipo de centrifuga cada una tendrá diferente funcionamiento y características ya sea tipo de rotor y tipo tubo porta muestras, de esta manera existen varios tipos, como las de baja velocidad, centrifugas para micro hematocritos y las ultracentrífugas, siendo esta última especialmente usada en la separación de proteínas. Cada una de ellas con distintas velocidades: las centrifugas de sobre masa o clínicas con una velocidad máxima de 5000 r.p.m., en el caso de las micro centrifugas entre 10.000 - 18.000 r.p.m., las centrifugas de alta velocidad entre 18000 – 25000 r.p.m., y las ultracentrífugas desde 20.000 - 75.000 r.p.m. Por lo general, disponen de diferentes elementos como el control del tiempo, el control de temperatura, control de refrigeración, velocidad de rotación, entre otras (Dávila, 2007).

#### ***5.2.4.3 Equipo de rayos X***

Los rayos X son una forma de radiación electromagnética, similares a la luz visible, sin embargo, a diferencia de la luz, los rayos X tienen una mayor energía y pueden pasar a través de la mayoría de los objetos, incluyendo el cuerpo.

Básicamente, todos los equipos de rayos X poseen un tubo que produce radiación ionizante X es decir el llamado “rayo x”, el cual es utilizado para generar imágenes de los tejidos y las estructuras dentro del cuerpo del paciente. Si los rayos X que viajan a través del cuerpo también pasan a través de un detector de rayos X al otro lado del paciente, se formará una imagen que representa las “sombras” formadas por los objetos dentro del cuerpo (Donoso, 2003).

Un aparato de Rayos X consta de una carcasa protectora la cual tiene un enchufe de alta tensión especialmente diseñado para resistir descargas eléctricas accidentales; una envoltura de cristal; el cátodo; el ánodo y el blanco. El tubo de Rayos X está montado en una carcasa protectora revestida en plomo diseñada para controlar la exposición excesiva a la radiación y la descarga eléctrica, así mismo éste contiene aceite que actúa como aislante eléctrico y amortiguador térmico (Pifarré et. al., 2012).

#### ***5.2.4.4 Microscopio***

Este equipo es utilizado en distintas áreas de la salud como instrumento que permite visualizar y estudiar aquellas estructuras cuyo tamaño se sitúa por debajo del nivel de resolución del ojo humano (por debajo de las 250  $\mu\text{m}$ ), es decir objetos no susceptibles a simple vista (Lanfranconi, 2001).

Existen distintos tipos de microscopios siendo los siguientes los más empleados:

*Microscopio compuesto:* un microscopio compuesto está constituido por dos partes, una parte mecánica y otra parte óptica. La primera, que es la base de la segunda, consta de una columna que sostiene un tubo cilíndrico y una plataforma o platina (cuadrada o redonda) con un orificio en su centro de aproximadamente 1 cm de diámetro, dicha columna está apoyada sobre un pie rectangular y puede tener forma de herradura. En el caso de la parte óptica consta de la zona ocular ubicada donde el observador aproxima su ojo y el objetivo, que es la lente con que se observa el objeto (García, 2004).

*Microscopio de fluorescencia:* en este tipo de microscopio se utiliza un colorante fluorescente que emite luz. Su límite de resolución puede estar muy por debajo de un microscopio óptico convencional, lo cual proporciona una mayor precisión al observar las estructuras por ejemplo de una célula o los procesos de células vivas. Las muestras examinadas por este tipo de

microscopios de tñen con fluorocromo, las cuales absorben energí de longitudes de ondas cortas invisibles, que a su vez emiten ondas de longitud mayores visibles y el fenómeno es denominado fluorescencia, lo cual permite una identificación más rápida (Alarcón, 2004).

*Microscopio de electrónico:* este tipo de microscopio cuenta con el mismo fundamento teórico que el microscopio óptico, pero en vez de trabajar con rayos luminosos lo hace con heces de electrones que se enfocan en campos magnéticos. Existen dos tipos: *de barrido*, que no es usado para producir la imagen sino para generar un haz electrónico muy fino utilizado para examinar la superficie del objeto, logrando proporcionar sanciones de relieve que indican la muy buena aproximación de la topografía de la muestra observada; y *de transmisión*, que cuenta con un poder de resolución cerca de 1000 veces más que el microscopio óptico, y sirven para formar una imagen bidimensional en una pantalla fluorescente (Gama, 2004; Curtis & Schnek, 2006).

#### **5.2.4.5 Baño Serológico**

También llamado Baño de María, el baño serológico es un equipo de laboratorio que permite mantener agua a temperatura constante para realizar en ella diferentes procedimientos que requieran de condiciones de temperatura controladas, es empleado para realizar pruebas serológicas y procedimientos de incubación, aglutinación, inactivación, biomédicos, farmacéuticos e incluso industriales usando agua o algunas veces aceite, con rangos de temperatura ambiente, de 60°C y hasta 100°C, poseen cámaras de material inoxidable con capacidad de 2 a 30 L (Herrera, 2018).

De modo general, este equipo está compuesto de: pantalla, tablero de control, perilla de selección, interruptor, cubierta, tanque, bandeja difusora y control llenado/vaciado (Rodríguez, 2017).

Los tipos de baños de María según su rango de temperatura se pueden clasificar en: *baja temperatura* que van desde una temperatura ambiente hasta 60°C y 100°C con cubierta; los de *alta temperatura* que van desde una temperatura ambiente hasta 275°C, en este caso se utilizan otros tipo de fluidos que no sea agua debido a que se requiere un mayor punto de ebullición de la misma; y los *isotérmicos* que va desde una temperatura ambiente hasta 100 °C con accesorios y/o sistemas de agitación (con agua) (Organización Panamericana de la Salud, 2015).

#### **5.2.4.6 Neveras**

En los laboratorios, una nevera o refrigerador es uno de los equipos más importantes debido a que cumplen la función de mantener en un ambiente controlado (espacio refrigerado) diversos fluidos y sustancias como sangre y derivados, reactivos, medios, soluciones, y de esta manera estos puedan ser conservados en buenas condiciones ya que mientras más baja sea la temperatura, menor actividad química y biológica ocurrirá, es decir se evita el deterioro y el crecimiento microbiano. Por lo general se emplean diversas clases de refrigeradores dependiendo del rango de tu temperatura: refrigeradores de conservación de 0°C - 8°C, refrigeradores de baja temperatura de 0°C -30°C y refrigeradores de ultrabaja temperatura de 0°C a -86°C (Organización Mundial de la Salud, 2004).

#### **5.2.4.7 Termómetro digital**

Esta clase de termómetro utiliza sensores de calor electrónicos para registrar la temperatura de cuerpo y pueden usarse mediante el recto, en el oído, en la boca o en la axila, aunque la temperatura de las axilas son típicamente las menos exactas. Básicamente utiliza circuitos integrados para convertir en números o datos las variaciones de tensión de termistores mostrando finalmente la temperatura en el visualizador del mismo. Una de sus mayores ventajas es que no contamina el medio ambiente debido a que no contiene mercurio. (Ruiz & Santana, 2012).

#### ***5.2.4.8 Electrobisturí***

El electrobisturí, también llamado bisturí eléctrico, unidad quirúrgica o aparato de HF, es un aparato eléctrico capaz de convertir la energía eléctrica en calor y de esta manera poder cortar (electrosección), eliminar o coagular (electrocoagulación) tejido blando. Este equipo aplica corriente alterna con frecuencias de 0,5 MHz hasta 4 MHz para lo que utiliza un generador eléctrico, que crea un efecto térmico controlado. Cabe mencionar que se utilizan estas frecuencias ya que sólo producen calor, y porque si utilizara frecuencias más bajas, podría afectar los procesos nerviosos del cuerpo (Valdivia, 2013).

Este equipo biomédico está constituido por dos partes: una parte estéril, que es el cable (partiendo desde el aparato) y el mango con la punta del electrobisturí, y otra parte no estéril que es la plancha que va por debajo del paciente a la hora de utilizar el electrobisturí, ésta es de carga negativa y puede ser de metal, plomo o autoadhesiva descartable. Como este equipo hace circular corriente de alta frecuencia e intensidad ya sea moderada o elevada entre dos electrodos aplicados al cuerpo, dicha corriente puede ser directa o alterna, en la primera se produce un intercambio continuo de electrones y en una sola dirección entre dos polos opuestos, por su parte en la corriente alterna, el intercambio de electrones es bidireccional y la magnitud y el sentido varían cíclicamente de forma senoidal (Pardell, 2018).

Aunque en el mercado existen varios modelos de electrobisturí, sus partes y elementos pueden variar de un modelo a otro. Este equipo está formado por el chasis, que es la parte exterior, el circuito electrónico, un ventilador y el enchufe, en su parte frontal están ubicados los botones, indicadores y conexiones necesarios para realizar la electrocirugía (Méndez, 2009).



#### **5.2.4.9 Electrocardiógrafos**

Es un equipo médico electrónico usado para mostrar la dirección y magnitud de las corrientes eléctricas producidas por el corazón, obteniendo como resultado un electrocardiograma (ECG), los cuales son usados para detectar enfermedades cardiacas y arritmias (Uribe et. al., 2015)

A diferencia de los electrocardiógrafos monocanales, los multicanales son capaces de registrar las señales de dos o más derivaciones simultáneamente, por tal motivo los monocanales son reemplazados por estos. Sin embargo, ambos son usados para diagnosticar enfermedades cardiacas, observar cambios en la función de la misma en tratamientos con medicamentos específicos al paciente (Vega, 2012).

Dentro de las partes de este equipo se encuentran: circuito de protección, señal de calibración, preamplificador, circuito de aislamiento y amplificador manejador, circuito de pierna derecha, selector de derivaciones, sistema de memoria, microcontrolador y registrador (Lasarte, et. al., 2007).

#### **5.2.4.10 Desfibrilador**

Mediante este equipo se produce corriente eléctrica al músculo del corazón de dos maneras, una es directamente al pecho abierto y la otra indirectamente a través de la pared del tórax. En este sentido los desfibriladores son equipos médicos que entregan dicha corriente o descarga eléctrica al corazón para establecer un ritmo cardiaco estable (Sausnavas, 2015)

Durante diez segundos se analiza el ritmo cardiaco del paciente a través de sensores integrados en el equipo, así se detecta el estado del paciente y se indica si se debe suministrar una nueva descarga eléctrica o no. Algunos desfibriladores constan de un monitor para visualizar un ECG de manera rápida, además poseen un marcapasos no invasivo externo.

Dependiendo del tipo de descarga y tipo de onda que generen, los desfibriladores se clasifican en (Dozo, 2000):

- *Desfibriladores manuales*, que a su vez se subdividen en desfibriladores automáticos y semiautomáticos.
- *Desfibriladores implantables automáticos*, los cuales usan ondas trapezoidales similares a los automáticos.
- *Desfibriladores externos automáticos*, que liberan descargas eléctricas a través de paletas adhesivas externas y cables.

#### **5.2.4.11 Incubadoras**

Una incubadora es un dispositivo médico que proporciona en su interior aire filtrado objetivando la protección contra las infecciones (Pinheiro, 2011). Entre sus usos más generales se encuentran la incubación de cultivos bacteriológicos, virales, micológicos, celulares, determinación de la demanda biológica de oxígeno (DBO) y conservación de biológicos. Aunque este tipo de equipo varían en complejidad y diseño, algunas solamente controlan la temperatura, por su parte, existen otras que controlan la composición atmosférica (Organización Panamericana de la Salud, 2015).

Los principales tipos de incubadora son los que se utilizan en neonatología, las de uso en microbiología y las destinadas a la reproducción de especies ovíparas, incluyendo la producción comercial de huevos (Fonseca et al., 2017). Sin embargo, en los servicios de salud como clínica y hospitales, las incubadoras empleadas son la neonatales, las cuales se utilizan principalmente para generar un ambiente en el que se controlan diferentes variables importantes para el desarrollo de los recién nacidos como la temperatura, humedad y luminosidad, adaptándose de esta manera a las necesidades fisiológicas del neonato (Castrillón et al., 2005).

Su funcionamiento consiste en transferir calor al paciente principalmente por convección, es decir, la transferencia de calor se realiza por medio de un fluido (aire) en movimiento. Esta circulación del aire se logra gracias a un ventilador que lo toma del exterior y lo pasa a través de un elemento calefactor antes de impulsarlo hacia el interior de la cámara donde se encuentra el paciente prematuro (Urrutia, 2012).

#### **5.2.4.12 Autoclave**

El Autoclave es un equipo de estricta aplicación en los hospitales en los procesos de limpieza, desinfección y esterilización. Dichos procedimientos son indispensables en el control adecuado de las infecciones intrahospitalarias. Todo hospital debe contar con un sistema de esterilización donde se realice lavado, desinfección y esterilización de todos los elementos necesarios para el cuidado del paciente (Velásquez, 2016)

El Autoclave es un recipiente metálico de paredes gruesas con cierre hermético que logra realizar la esterilización – de aquí se desprende que en algunos lugares se les llame coloquialmente “esterilizador” o descontaminación por calor húmedo. Este método permite un rápido calentamiento y penetración, destrucción de bacterias y esporas en corto tiempo, no deja residuos tóxicos, hay un bajo deterioro del material expuesto y es económico (Salamanca & Tello, 2010).

Los procesos de esterilización más comunes son 121°C (249,8°F) por 15 minutos, la que presenta una presión de 2 atmósferas; y 134°C (273,2°F) por 3 minutos, con una presión de 3 atmósferas. Cuando los objetos que se esterilizan son voluminosos, se requieren tiempos más largos para que el calor penetre en su interior hasta la zona más fría (García & López, 2013).

#### **5.2.4.13    *Sistemas de infusión***

Con frecuencia algunos pacientes requieren que el suministro de soluciones o fármacos se realice en cantidades muy precisas y a velocidades o tasas de infusión específicas (horas, días, o volúmenes definidos). La continuidad y precisión requerida para este proceso se deja en manos de los sistemas de infusión, estos controlan electrónica o mecánicamente la tasa de infusión de las soluciones o fármacos. Un dispositivo de infusión y sus líneas o “sets” desechables, se usan para suministrar fluidos o fármacos en solución al paciente, sea por vía intravenosa, subcutánea, epidural, parenteral o enteral (Alvia, 2015).

Existen varias clases de sistemas de infusión, y se dividen de acuerdo al tipo de infusión en volumétricas (mL/h) o no volumétricas (goteo/min) y según el mecanismo de control, en peristálticas; éstas deben ser de fácil manejo, seguras, es decir que no debe permitir el flujo libre, sus puertos deben ser incompatibles con los de las bombas de infusión intravenoso y presentar índice de exactitud y a su vez que cuente con una alarma automática, un monitor de fácil lectura y batería de larga duración (Durán, 2012).

#### **5.2.4.14    *Vaporizadores anestésicos***

Son dispositivos usados para volatizar los líquidos anestésicos, controlando la cantidad de vapor que se une al flujo de gases que van al paciente; es esencial el conocimiento de los factores que determinan la vaporización de un líquido, como son, la presión de vapor, el punto de ebullición, la concentración de los gases (expresada en volúmenes por ciento o como presión parcial), la conductibilidad térmica. De acuerdo a las características físicas y mecánicas consideradas en cada vaporizador, existen varias clasificaciones, que en la práctica se resumen como vaporizadores que se usan dentro o fuera del circuito respiratorio, siendo más utilizados éstos últimos (Sánchez, 2014).

De este modo, los vaporizadores de uso clínico comprenden cuatro grupos: de cortocircuito variable controlados mecánicamente, de inyección de vapor con flujo de vapor controlado electrónicamente, de cortocircuito variable con flujos de gas fresco y de vapor controlados electrónicamente y sistema de inyección de anestésico líquido en el circuito (D'Este, 2001).

Su funcionamiento general consiste en hacer pasar un flujo de aire a través de un recipiente cerrado que contiene el líquido anestésico volátil, dicho flujo denominando flujo vector, lleva consigo moléculas del líquido en forma de vapor y las llevará fuera del recipiente. Nuevas moléculas del líquido deberán pasar a la forma gaseosa hasta nivelar de nuevo las presiones, esto con el fin del recuperar el equilibrio en la presión del vapor del recipiente, de este modo el líquido perderá temperatura y la evaporación disminuirá progresivamente (Muriel, 2018).

#### **5.2.4.15 Ecógrafos**

También llamados equipos ultrasónicos, se emplean para producir un haz de ultrasonido, de modo que, tal como sucede con el comportamiento de la luz ante un espejo, las estructuras que son atravesadas por estas ondas oponen resistencia al paso del sonido (impedancia sónica). Esto produce reflexiones llamados ecos, los cuales mediante la detección, registro y análisis por una computadora se puede congelar la imagen producida en un momento determinado (Olivares, 2010).

Las señales eléctricas que parten del transductor son enviadas a la sección receptora que se encarga de amplificarlas. Debido a la inmediata atenuación al atravesar los tejidos, los ecos que provienen de estructuras profundas resultan ser más débiles respecto a los provenientes de estructuras superficiales. Para obviar este inconveniente la sección receptora amplifica las señales eléctricas en medida creciente a medida que estas salen del transductor (Mírez, 2013).

Las partes de este equipo son (Ramos & García, 2006):

- *Transductor (traducer o cabezal)*: En él se encuentran los cristales que se mueven para emitir las ondas ultrasónicas.
- *Receptor*: Su función es capturar las señales eléctricas con el fin de enviarlas al amplificador.
- *Amplificador*: Como su nombre lo indica, es el encargado de amplificar las ondas eléctricas.
- *Seleccionador*: Selecciona las ondas eléctricas necesarias para el correcto estudio.
- *Transmisor*: Transforma las corrientes en representaciones gráficas para verlas en pantalla, guardarlas en disquete, vídeo; o imprimirlas en papel.
- *Calibradores (calipers)*: Estos contienen botones y teclas con el fin de producir un eco mayor o menor.
- *Teclado*: Utilizado para ejecutar comandos y los datos del paciente.
- *Impresora*: Para imprimir las imágenes en papel.

#### **5.2.4.16 Básculas**

La báscula, es un aparato empleado para determinar la cantidad de masa de los cuerpos.

Normalmente una báscula tiene una plataforma horizontal sobre la que se coloca el objeto al que se le desea determinar su masa. Básicamente se pueden definir como instrumentos de medición que se utiliza para determinar el valor de la masa de un objeto, siendo ésta masa la cantidad de materia del mismo (Pérez, 2017).

Las balanzas se pueden clasificar de acuerdo a su diseño, principio utilizado y algunos criterios empleados de metrología. Hoy en día se pueden dividir en *balanzas mecánicas* y *balanzas electrónicas*. Las primeras se basan en sistemas mecánicos, y suministran la lectura en formato analógico, que a su vez se subdividen en balanza de resorte, balanza de pesa deslizante,

balanza analítica, balanza de plato superior y balanza de sustitución; en el segundo caso, éstas determinan el peso con sistemas electrónicos mediante sensores o celdas de carga (Molina, 2016).

#### **5.2.4.17 *Monitor fetal***

Los monitores fetales se han convertido en los más usados en el mundo para detectar y seguir el ritmo cardíaco fetal y las contracciones uterinas, pero no hay criterios únicos y normativos que determinen su calibración, ni parámetros establecidos para la realización de la gestión metrológica, además de no tener guías estándar para evaluar el desempeño. La calidad del diagnóstico de un monitor fetal está dada por la precisión con que la presión intrauterina y la frecuencia cardíaca fetal son adquiridas (Valdivia, 2014).

Actualmente el monitoreo continuo de feto durante el trabajo de parto es una práctica común en los hospitales en los cuales el paciente se encuentra en riesgo moderado o severo. Los cambios en la frecuencia cardíaca fetal durante las contracciones y otros eventos son importantes de ser medidos por problemas potenciales tales como hipoxia fetal. Es por ello que el monitoreo fetal usado durante el parto, también puede medir otros parámetros tales como movimientos fetales, el pH, frecuencia cardíaca materna, la saturación de oxígeno, así como la presión arterial (Pedraza et al., 2017).

#### **5.2.4.18 *Pulsioxímetro***

Los pulsioxímetros son equipos que proporcionan un indicador no-invasivo del estatus cardiorrespiratorio del paciente. Su uso es de forma cotidiana en cuidados intensivos, salas de recuperación y durante la aplicación de anestesias; sin embargo, otras áreas de la medicina las emplean también tales como: guardias generales, salas operatorias, de emergencia, de nacimiento y cuidado neonatal y transporte de los pacientes. El principio del funcionamiento del pulsioxímetro se basa en que la luz emitida de dos diodos LED a diferentes longitudes de onda

típicamente 650 nm (rojo) y 805 nm (infrarrojo) pasa a través del tejido y es sensado por un fotodiodo que responde en el mismo ancho de banda. Entonces en el instante que la luz se emite por los diodos, esta se absorbe por el tejido, huesos, sangre arterial y venosa (Campos et. al., 2006; López, 2017).

Por otro lado, cuando el corazón bombea sangre oxigenada al tejido, el instrumento ignora todas las absorciones en el mismo en estado estacionario y mide solamente la absorción en el tejido que es expandido por la presión del pulso. La función del pulsioxímetro se ve afectada por muchas variables, por ejemplo, luz ambiental, ruido, niveles anormales de hemoglobina, función del ritmo y promedio de pulso cardiaco (Campos et al., 2006).

#### **5.2.4.19 *Tensiómetro digital***

Los tensiómetros digitales, conocidos también como automáticos o electrónicos, es un instrumento médico empleado para la medición de la presión arterial, que la suele proporcionar en unidades físicas de presión; funcionan de manera similar a los tensiómetros analógicos. Poseen un brazalete, un compresor eléctrico para inflar el brazalete, un manómetro, un sistema de sensores y una pequeña computadora que realiza las mediciones, muestra los datos en la pantalla y guarda los registros en su memoria. Algunos equipos son muy sofisticados, siendo programables y permitiendo su conexión al PC o a un Smartphone. (Bernatene et. al., 2013)

El brazalete dispone en su interior de sensores capaces de determinar el intervalo de presión diastólica y sistólica. Suelen funcionar mediante un sistema oscilométrico que analiza la transmisión de vibración de la pared arterial, aunque algunos dispositivos incluyen también un sistema auscultatorio basado en un micrófono ubicado en el brazalete que interpreta los sonidos sistólicos y diastólicos (Jáuregui, 2013).



Según el punto de medida, los tensiómetros digitales pueden ser de varios tipos (González, 2017):

- *Tensiómetro digital de brazo.* En éste se utiliza un brazalete y un manómetro que permite comprobar los sonidos para medir la presión arterial máxima y mínima mediante la colocación de manguito hinchable en el brazo.
- *Tensiómetro digital de muñeca.* Son menos precisos que los tensiómetros de brazo; estos miden la tensión sanguínea, disponen de una pantalla XL de fácil lectura, iluminada en azul, fácil de usar, manejo con un solo botón, detectando y advirtiendo de eventuales arritmias cardíacas y con tabla para el registro de la tensión sanguínea.
- *Tensiómetro digital de dedo.* Son los menos precisos si se comparan con los dos anteriores, sin embargo, es considerado como una buena alternativa al poder llevarse de forma más práctica a distintos lugares; disponen de un aro para ingresar el dedo o clip para colocarlo en la punta del dedo y son de los aparatos que más facilitan la medición.

#### **5.2.4.20 Ventiladores**

El respirador artificial es un equipo médico que permite mover mecánicamente el aire dentro y fuera de los pulmones. Éste provee el mecanismo de respiración de un paciente que es físicamente incapaz de respirar por sí solo. Los pacientes son ventilados con una máscara de válvula de la bolsa el cual es un accionamiento manual de la máquina. Los respiradores artificiales por su parte, son capaces de administrar concentraciones diferentes de oxígeno; desde 21% (aire ordinario) hasta 100% (aire puro), de acuerdo a la necesidad de oxigenación del paciente (Moreno, 2016).

Los respiradores artificiales más comunes utilizados por pacientes que padecen de insuficiencia respiratoria son aquellos que poseen un soporte ventilatorio con presión positiva sin

mediar el uso de una vía aérea artificial, con el objetivo de disminuir el trabajo y mejorar el intercambio gaseoso. Su principal ventaja deriva del evitar la intubación endotraqueal y/o traqueostomía, y disminuir secundariamente el riesgo de neumonía asociada a ventilación mecánica y las necesidades de sedación (Valenzuela et al., 2006).

#### **5.2.4.21 Lámparas**

En los centros hospitalarios, se pueden encontrar diferentes tipos de lámparas según su ubicación y uso, tales como:

*Lámparas para exploraciones:* estas lámparas están diseñadas para proporcionar iluminación intensa directa y focalizada en el área dónde se requiera examinación. Estas lámparas emiten radiación en el espectro de luz visible; y son muy usadas en consultorios médicos y dentales para la examinación de los pacientes y otros procedimientos (García, 2017).

*Lámparas auxiliares de quirófano:* éstas no son empleadas en cirugías mayores, sin embargo, están diseñadas para servir de apoyo a las lámparas quirúrgicas, para una mejor iluminación o bien para usarse en quirófanos de pequeña cirugía como lámpara única, en puestos de socorro, ginecología, entre otros.

*Lámparas quirúrgicas:* Existen lámparas para pequeña y mediana cirugía y lámparas para cirugía mayor. El alumbrado operatorio está constituido por una cúpula principal y una cúpula satélite, montadas ambas en una suspensión de techo con equilibrado compensado. Esta suspensión proporciona el equilibrado instantáneo de las cúpulas en todas las posiciones normales de empleo, sea cual sea la disciplina operatoria. Es importante resaltar que todas las lámparas de cirugía son de techo (Vélez, 2005).

#### 5.2.4.22 *Unidad Odontológica*

La unidad dental es una máquina de herramienta electro-hidráulica, la cual puede articularse según convenga a las distintas intervenciones (Garay, 2017). Según Acosta (2009) existen diferentes variaciones en sus elementos, modelos, accesorios disponibles, dentro de los cuales se encuentran:

- *Sillón dental*: Dispone de reguladores de posición de respaldo y de altura general del equipo, se controlan con un pedal que se acciona con el pie, así mismo está equipado con un cabezal y dos apoyabrazos, revestimiento tipo vinílico fácil de limpiar y desinfectar.
- *Escupidera o salivadera*: Es un pequeño recipiente donde el paciente puede enjuagarse con un vaso con agua y salivar durante la intervención.
- *Aspirador*: Es un tubo que succiona la saliva acumulada o partículas de la cavidad oral.
- *Lámpara de iluminación oral*: Aumenta la visión del campo operatorio al formar una ventana lumínica de 20 cm de ancho por 10 cm de alto, es decir un espectro cercano a la luz del día. Está constituida por: asa de la lámpara, interruptor on/off, interruptor de intensidad, brazo flexible, alojamiento del interruptor, horquilla de articulación de la lámpara, pantalla de la lámpara y tapa de la bombilla.
- *Mesa o bandeja de instrumental*: Este componente suele estar unido al equipo mediante brazos articulados; es empleado para tener todo el instrumental cerca del lugar de trabajo. El brazo principal está formado por: bandeja para la colocación del instrumental, la jeringa de triple función, mangueras en las que se colocarán los instrumentos rotatorios (se controlan con el pedal) y el panel de mandos de la escupidera
- *Jeringa triple*: Empleado para echar agua en la boca del paciente para limpiar la zona o también aire comprimido para secar.

#### **5.2.4.23 *Compresor Odontológico***

Un compresor es una máquina de fluido utilizada para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles: gases y vapores (González & Acuña, 2000). En el ámbito odontológico, los compresores son una fuente de energía, que activada por un motor, eléctrico o de gasolina, cumplen la función de almacenar el aire a presión en un tanque, de donde sale y es conducido hasta la pieza de mano del odontólogo a su vez son empleados para mantener las áreas con un aire limpio, seco e higiénico, algo esencial para la buena salud del paciente.

Un compresor está compuesto por: cable de energía, unidad de mantenimiento, motor eléctrico, tubería de aire comprimido, pistón, polea y banda de almacenamiento (Martínez, 2017).

#### **5.2.4.24 *Piezas de baja y alta velocidad***

Las piezas de mano constituyen el elemento más utilizado en la odontología, operatoria y restauradora. Trabajan con un principio semejante al del taladro ya que en ella se van montando los instrumentos de corte, pulido que giran a diversas velocidades, lo cual se sostiene con la mano (Mendoza & Arana, 2016).

Como su nombre lo indica, ambas trabajan con diferentes velocidades de rotación, en este sentido, las de alta velocidad son las que giran de 300.000 a 500.000 r.p.m., las cuales siempre se utilizan con chorro de agua, no para lubricar el instrumento, sino para refrigerar el diente tratado evitando daños por el recalentamiento que provoca la fricción) y las de baja velocidad (contra ángulo o rectas) son las que giran de 20.000 a 40.000 r.p.m., que son utilizadas para profilaxis y endodoncia (Calderón et al., 2010).

Por su parte, la composición de los cuales están diseñados las fresas (instrumentos de corte rotatorio compuestos por varias hojas afiladas que semejan cuchillos) incorporadas en estas piezas, se basan en acero al carbono (constituidas por acero hipereutectoide) y carburo tungsteno:

compuestas por una aleación eutéctica de cobalto, silicio, carburo, níquel, tungsteno, titanio y hierro (Henao, 2018).

#### **5.2.4.25 Localizadores apicales**

Los localizadores apicales son instrumentos electrónicos empleados en endodoncia que permiten medir la frecuencia, la impedancia, y la resistencia del material circundante con el fin de localizar la longitud de trabajo del conducto radicular a endodonciar (Gagliano et. al., 2015)

Su funcionamiento consiste en la formación de un circuito eléctrico, el cual consta de un aparato encargado de controlar el voltaje (V) al que se le agrega la lima, básicamente lo que busca el aparato es medir la resistencia entre la punta de la lima y el foramen apical, es decir, comparar la resistencia eléctrica entre un electrodo conectado a una lima con la de un electrodo situado en la mucosa bucal. La lima se comporta como un conductor de electricidad, permitiéndosele entrar en el diente, de esta manera, cuando la punta de la lima alcanza los tejidos periapicales que son conductores, se cierra el circuito eléctrico y el cuerpo del paciente como conductor, con lo que la resistencia eléctrica disminuye de forma súbita y la corriente eléctrica empieza a fluir; por su parte, la resistencia está dada por el material orgánico ubicado dentro del conducto (Chartier, 2013; Gay & Serrano, 2003).

Este tipo de aparatos pueden determinar longitudes con precisiones mayores a 90%, pero todavía tiene algunas limitaciones como necesidad de disminuir al mínimo sustancias conductoras al interior del conducto y forma del conducto (Chartier, 2013).

#### **5.2.4.26 Equipo de radiología odontológica**

Las radiografías dentales son un tipo de imagen de los dientes y la boca, empleando los rayos X como una forma de radiación electromagnética de alta energía que penetra el área mandibular

para formar una imagen en una película o en una pantalla. Las radiografías pueden tomarse de manera digital o en una película (Villacís, 2014).

En este sentido, aunque la ejecución de la radiografía digital es similar a la radiografía convencional, la primera es una forma de la imagen por rayos X, donde sensores digitales son utilizados en lugar de una película fotográfica tradicional, ya que la generación de la imagen es distinta al utilizar una placa de almacenamiento de imagen de fósforo en lugar de la película convencional. La placa de almacenamiento de imagen almacena 4096 valores de gris, lo que puede ser distribuido visualmente en varios valores de gris. De esta forma, se puede inspeccionar un gran rango de espesor en una sola imagen. Con la radiografía digital, estas imágenes pueden ser producidas usando una dosis de radiación considerablemente menor a la radiografía tradicional (Montoya, 2011). Existen actualmente dos tecnologías diferentes en radiología digital: radiología digital directa (RDD) y radiología digital indirecta (RDI). En el caso de la primera, ésta emplea como receptor de rayos X un captador rígido habitualmente; y en el caso de la segunda funciona con sensores fotosensibles similares a los de las cámaras fotográficas digitales. Puesto que estos sensores se estimulan con luz y se deteriorarían al ser expuestos a rayos X, el receptor o captador de estos sistemas consta de otros dos componentes, además del sensor (Petrelli et. al., 2006).

Por su parte, los rayos X panorámicos dentales utilizan una dosis muy pequeña de radiación ionizante para capturar una imagen de toda la boca. Por lo general, los hacen los dentistas y los cirujanos orales en la práctica diaria, y se pueden utilizar para planear el tratamiento para dientes postizos, aparatos dentales, extracciones e implantes (Sociedad Radiológica de Norte América - SRNA, 2018).

#### 5.2.4.27 *Lámpara de fotocurado*

La lámpara de fotocurado es un dispositivo odontológico que emite una luz en cierta longitud de onda para iniciar un proceso de polimerización de la resina (Matallana et. al., 2010), es decir para endurecer materiales restauradores tras sufrir un proceso de foto activación; también es empelada como agente acelerador en blanqueamientos dentales (Chaple et al., 2016).

En el mercado, la variabilidad de modelos es amplia y varían en función a la potencia y longitud de luz. De este modo, existen diferentes fuentes lumínicas que pueden ser utilizadas para la polimerización de las resinas, entre estas se destacan (Yoon, 2000; Lafuente et al., 2005):

- *Lámparas halógenas.* Son lámparas de cuarzo de tungsteno; la luz es emitida por un filamento generando una luz blanca que pasa a través de un filtro transformando la luz en una luz azul capaz de activar las canforoquinonas de los materiales odontológicos. Se subdividen dependiendo de la longitud de onda manejada en convencionales: 360 a 500 nm y de alta potencia: superior a 500 nm.

- *Lámparas de plasma.* Manejan una longitud de onda de 460 a 480 nm; la luz se genera mediante una descarga eléctrica en forma de arco voltaico entre dos electrodos de tungsteno, el gas xenón que se encuentra en este arco evitará la evaporación de los electrodos y tras este proceso no se produce liberación de calor lo cual es una de sus ventajas.

- *Lámparas de láser.* Su característica principal es el tipo de fotón producido, permanece constante en la misma frecuencia generando una mayor potencia y áreas más concentradas y más pequeñas, entre sus ventajas destaca la baja producción de rayos infrarrojos traducido en menor calor; trabajan con una longitud de onda de 488 a 904 nm.

- *Lámparas de diodo.* Manejan una longitud de onda de 450 a 480 nm y utilizan como fuente de energía la luz visible de diodos, su luz depende del semiconductor de 7 a 21 diodos de

un diámetro de 2 a 5 mm ordenados, además no utilizan filtros y requieren menor energía eléctrica.

#### **5.2.4.28 *Equipo de ultrasonido odontológico***

Uno de los procedimientos más modernos y sin dolor empleados en el área odontológica es la limpieza dental por ultrasonido, el cual es realizado con un aparato que mediante vibraciones ultrasónicas o de alta frecuencia desprenden el sarro, disminuyendo al máximo las molestias que el instrumento tradicional produce (Djalma & Zanello, 2005).

Los Aparatos de ultrasonidos pueden ser de dos tipos, por un lado están los aparatos de ultrasonidos eléctricos, que están formados por una unidad de control, con la que se puede controlar la intensidad del tratamiento, y una pieza de mano con puntas de ultrasonidos intercambiables; y por otro lado, se encuentran los aparatos de ultrasonidos neumáticos o cavitadores neumáticos, que son únicamente una pieza de mano que se acopla en la misma salida de la turbina (Gallardo, 2017).

#### **5.2.4.29 *Equipo eyector de saliva y sangre***

Los eyectores de saliva son dispositivos o herramientas odontológicas cuya función es la de succionar el exceso de saliva presente en la boca durante algunos procedimientos odontológicos. Se trata de un dispositivo colocado, por lo general, debajo de la lengua del paciente para evitar el exceso de humedad en la boca. Este exceso de humedad no se refiere solamente a la saliva, incluye sangre y agua. Los eyectores son dispositivos succionadores que en un extremo tienen una pieza plástica que se adapta a la cavidad bucal (Sánchez, 2017).

Dentro de las partes de este equipo se encuentran: tabuladora de aspiración, conexión de sondas, frasco recolector, nivel de presión y regulación de nivel de presión (Jiménez et al., 2011).



#### **5.2.4.30 *Amalgamador dental***

Un amalgamador dental es un mezclador de amalgama, es decir, de uno de los materiales más empleados en procesos de restauración en el área odontológica que resulta de la aleación del mercurio con otros metales como plata, estaño, cobre, zinc u oro, que al mezclarse forman una sustancia sólida y estable empleada en este tipo de procedimientos. Los amalgamadores dentales producen una vibración rápida y uniforme que hace que la amalgama se mezcle y pueda ser aplicada. Ofrece una velocidad de mezcla constante que se mantiene de forma automática durante el ciclo completo de amalgamación. Algunas de las características más importantes son: dimensiones, controles, velocidad de mezcla (Agudelo & Zapata, 2018).

A pesar de que las amalgamas dentales son una fuente de exposición al mercurio y están asociadas con un nivel más elevado de excreción de mercurio en la orina, y así mismo, no es el material restaurador ideal en odontología, se tiene en cuenta que aún no existe un material restaurador que la reemplace completamente, por ello es un equipo ampliamente utilizado en los procedimientos odontológicos (Gómez & Arismendi, 2010).

#### **5.2.4.31 *Equipo de anestesia dental***

La anestesia dental es un procedimiento imprescindible a la hora de practicar tratamientos odontológicos invasivos en el organismo (García et. al., 2003). Por lo general suelen emplear instrumentos de acero inoxidable como jeringas para la administración del anestésico local en la zona que se desea anestesiarse, esta cuenta con un arpón que se enrosca en el émbolo de silicona del carpule de anestesia para facilitar su aspiración y comprobar que es segura la inyección del anestésico. Dentro de sus partes se encuentran: punta roscada, arpón, pistón, cuerpo, sujeción digital, apoyo digital y anilla pulgar (Penarrocha & Sanchís, 2007).

Ahora bien, hoy en día existen sistemas de anestesia dental electrónicos como los sistemas de inyección sin aguja, los cuales suministran medicamentos líquidos subcutáneos mediante la

creación de una corriente de fluido muy estrecha, de alta velocidad (esencialmente una aguja de fluido) que penetra en el tejido inyectando el anestésico o medicamento. La energía para propulsar el medicamento se genera mecánicamente en el dispositivo inyector de mano; cuando se libera la energía del equipo, esta se transfiere al émbolo de la jeringa, expulsando el líquido a través de un micro orificio (0.15 mm) en el extremo de la jeringa en contacto con el paciente, para penetrar y entregar el medicamento en el cuerpo, la inyección es rápida, segura y prácticamente indolora, con la comodidad en preservar el tejido y prevenir lipodistrofia (abolladuras pequeños bultos en la piel cuando las inyecciones se realizan varias veces en el mismo lugar) (Organización Mundial de la Salud, 2015).

#### **5.2.4.32 *Linterna oftalmológica***

Una linterna es el primer instrumento usado por el oftalmólogo para examinar el ojo de un paciente, la cual debe proporcionar un parche de luz circular de brillo casi uniforme. Varios modelos de linterna están disponibles en el mercado. Cualquiera de ellos puede ser adecuado para el propósito. La luz de una linterna que usa dos baterías normales de 1,5 V y un bulbo de 1 o 2 vatios son suficientes para el examen inicial.

Dentro de las partes principales que componen una linterna se encuentran: la cubierta de vidrio delantera, el bombillo, el reflector cóncavo, el interruptor, las células y el cilindro (Srinivasan & Thulasiraj, 2003).

#### **5.2.4.33 *Oftalmoscopio***

Este equipo es empleado como un método de exploración objetivo, el cual permite la visualización del fondo de ojo mediante un instrumento óptico que capta la luz reflejada por la retina, obteniendo una información valiosa, no solo para el oftalmólogo, sino también para el

pediatra, internista o neurólogo, tanto en la urgencia como en la práctica diaria, permitiendo orientar al diagnóstico de ciertas patologías a nivel ocular (Talamas, 2016; Ferrán et. al., 2018).

A modo general un oftalmoscopio consta de un espejo de superficie frontal, interruptor de filtro polarizante, disco de selección de la apertura, apoyo de goma para la ceja, disco de selección de lentes e indicador de lentes de iluminado (Marcano, 2015).

Existen dos tipos de oftalmoscopios:

- *Oftalmoscopio directo*. Se trata de un instrumento óptico que dirige una luz directamente sobre la retina a través de un espejo que refleja un rayo proveniente de la fuente luminosa. Este espejo tiene un orificio central que permite la visualización por el observador de la retina iluminada.
- *Oftalmoscopio indirecto*. Esta técnica es poco recomendable para el médico no oftalmólogo, ya que es más difícil de realizar y, además, requiere de más práctica y una curva de aprendizaje más larga. La imagen que se obtiene está invertida, es decir, lo que se ve a la derecha está a la izquierda y lo que se ve arriba está abajo y viceversa. El aumento es de 3 a 5 veces superior, pero el campo que se obtiene es mayor, de unos 50 grados. Este consta de: un sistema de iluminación, n sistema eléctrico, un sistema de visión estereoscópica (caja de visión), una cinta de cabeza que soporta el sistema de iluminación y la caja de visión (Ferrán et. al., 2018).

#### **5.2.4.34 Retinoscopio**

El retinoscopio es un equipo, que al igual que el oftalmoscopio, es empleado como un método objetivo, sin embargo, éste se usa para medir el poder refractivo del ojo interpretando la luz reflejada en su retina al iluminarlo con el retinoscopio (Herranz, 2018).

Dependiendo de la forma del haz de luz que proyectan se diferencian dos tipos de retinoscopio:

- *Retinoscopio de franja.* El haz de luz que proporcionan es una franja luminosa. Son los más utilizados, motivo por el cual el resto del capítulo se centrará en este tipo de instrumento.

- *Retinoscopio de punto.* Proyectan una luz en forma de cono.

Su funcionamiento consiste en formar un haz de luz que se mueve de manera vertical y horizontal en el ojo. El examinador observa el movimiento del reflejo rojo de la retina y va introduciendo lentes enfrente del ojo, hasta que el movimiento del reflejo se neutraliza. La magnitud del lente que se requiere para neutralizar el movimiento del reflejo es una medida del error de refracción del ojo e indica la magnitud del lente requerido para optimizar la visión con anteojos o lentes de contacto (American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus, 2018).

#### **5.2.4.35 Lámpara de hendidura**

Este equipo, también llamado biomicroscopio es un instrumento muy versátil en la práctica clínica oftalmológica debido a su amplio rango de magnificación, su sistema de iluminación variable y sus ilimitados ángulos de observación lo hace un instrumento indispensable para la observación de las estructuras oculares. Indispensable para la evaluación de la adaptación de los lentes de contacto, es usado como una herramienta en el diagnóstico y monitoreo de las anomalías del segmento anterior y sus anexos oculares (Johnson & Johnson, S.A., 2018)

La magnificación del microscopio puede variar desde 7X a 40X y se divide en tres tipos de magnificación:

- *Magnificación baja.* Con un objetivo que va de 7X a 10X es usualmente utilizada para realizar una vista general del segmento anterior.
- *Magnificación media.* Con un objetivo de 16X a 25X es mayormente utilizada para observar capas de la córnea y cristalino.

- *Magnificación alta.* Con un objetivo de 30X a 40X es de mucha ayuda para observar detalles.

#### **5.2.4.36 Queratómetro**

El queratómetro o también llamado oftalmómetro es un instrumento optométrico que sirve para medir la curvatura de los 3-4 mm centrales de la superficie exterior de la córnea. La queratometría resulta esencial para la valoración y cuantificación del astigmatismo corneal (es decir de la existencia de diferencias sustanciales entre la potencia de los meridianos de máxima y mínima potencia que determinan el grado de borrosidad en un eje determinado de visión), para la adaptación de lentes de contacto y para el cálculo de la potencia de lentes intraoculares (Garzón, 2017).

Este aparato tiene la forma de cañón, por donde se proyecta la luz que va a parar al ojo del paciente. Su funcionamiento básico es el siguiente: con el paciente colocado mirando de frente al óptico por la mirilla del queratómetro, un rayo de luz viaja por el aparato hasta reflejarse de una manera determinada en un espejo convexo, y esta reflexión es la que proporcionará la curvatura de los ejes principales de la córnea (Durban, 2014). El instrumento tiene un bombillo que proporciona la iluminación necesaria, u apoyo para la barbilla y un reposacabezas se proporcionan en el equipo para su uso por los pacientes (Srinivasan & Thulasiraj, 2003).

#### **5.2.4.37 Lensómetro**

Se utiliza para medir las potencias focales de los lentes (esférico, cilíndrico y esferocilíndrico) También puede determinar el descentramiento del lente (Tobón & Rodríguez, 2017).

Hay dos tipos de instrumentos genéricos. El cual el primero tiene como objetivo ver a través del ocular del instrumento el número de puntos brillantes que conforman un círculo, y otro en el que el objetivo tiene un conjunto de tres líneas anchas, con un espacio amplio entre ellos y otro

grupo de tres líneas estrechas con menor espacio entre sí. Estos dos grupos de líneas se cruzan en ángulos rectos. El equipo viene de diferentes formas. Uno que es un Lensómetro típico, también conocido como foquímetro. El cual contiene una abrazadera para el montaje del lente cuya potencia se necesita saber. Existe una disposición para marcar puntos con tinta en el lente en los puntos deseados. Para medir la potencia del lente, un disco calibrado se gira hasta que haya una imagen clara y nítida del objetivo y se ve a través del ocular (Srinivasan & Thulasiraj, 2003).

## 6. Marco legal

A continuación se muestra la legislación relacionada a la temática de residuos peligrosos en Colombia y específicamente con los RAEE según los lineamientos técnicos para el manejo de estos residuos expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

**Tabla 8**

*Marco Jurídico de los Residuos Peligrosos en Colombia (Constitución y leyes).*

<b>Constitución política de Colombia</b>	
Los artículos 8, 79 y 80 de la Constitución Política señalan que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica, fomentar la educación para el logro de estos fines, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Que así mismo, <b>el artículo 8</b> de la Constitución Política dispone que sea obligación de los particulares proteger los recursos naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.	
Artículo 84, señala que cuando una actividad haya sido reglamentada de manera general, las autoridades públicas no podrán establecer ni exigir permisos, licencias o requisitos adicionales para su ejercicio.	
Artículo 95, numeral 8 establece como deberes y derechos de las personas y los ciudadanos proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.	
Artículo 209, sobre la función administrativa expresa que debe desarrollarse con fundamento en los principios de eficiencia y economía.	

Fuente: Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

**Tabla 9**

*Marco Jurídico de los Residuos Peligrosos en Colombia (Decretos y Resoluciones).*

<b>Decretos</b>	
<b>Decreto 02 de 1982</b>	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas.
<b>Decreto 948 de 1995</b>	Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto-Ley 2811 de 1974, los artículos 41,42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979, y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.

<b>Decreto 1713 de 2002 y sus modificaciones</b>	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos
<b>Decreto 1609 de 2002</b>	Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.
<b>Decreto 4741 de 2005</b>	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
<b>Decreto 2820 de 2010</b>	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales
<b>Decreto 2981 de 2013</b>	Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.
<b>Resoluciones</b>	
<b>Resolución 619 de 1997</b>	Por el cual se establecen los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica.
<b>Resolución 415 de Mayo 13 de 1998</b>	Por la cual se establecen los casos en los cuales se permite la combustión de los aceites de desecho y las condiciones técnicas para realizar la misma.
<b>Resolución 1362 de 2007</b>	Por la cual se establece los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos, a que hacen referencia los artículos 27 y 28 del Decreto 4741 del 30 de Diciembre de 2005.
<b>Resolución 909 de 2008</b>	Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.
<b>Resolución 1297 de 2010</b>	Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Pilas y/o Acumuladores.
<b>Resolución 1511 de 2010</b>	Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Bombillas.
<b>Resolución 1512 de 2010</b>	Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o Periféricos.
<b>Resolución 754 de 2014</b>	Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Fuente: Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

**Tabla 10**

*Marco Jurídico de los RAEE en Colombia (Decretos y Resoluciones).*

<b>Resolución 1512 de 2010</b>	“Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y Periféricos y se adoptan otras disposiciones”.
<b>Ley 1672 de 2013</b>	Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones.
<b>Decreto 284 de 2018</b>	Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la Gestión Integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - RAEE Y se dictan otras disposiciones.

Fuente: Autores

## **7. Metodología**

### **7.1 Área de estudio**

El estudio se realizó en la ciudad de Barranquilla, ubicada sobre el margen occidental del río Magdalena a 7.5 km de su desembocadura en el mar Caribe (Figura 3). Es considerada oficialmente Distrito Especial, Industrial y Portuario. Al contar con actividades económicas como el comercio y la industria es el principal centro económico de la Región Caribe de Colombia (Pumarejo et al., 2018).

De acuerdo con Ley 768 del año 2002, el distrito de Barranquilla está dividido administrativa y políticamente en cinco localidades, las cuales son: Riomar, Norte-Centro Histórico, Sur Occidente, Metropolitana y Sur Oriente. Cada una de las localidades es coadministrada por ediles elegidos por votación popular y por alcaldes locales (uno por localidad) nombrados por el Alcalde Distrital (Ley No. 768, 2002). A su vez, las localidades se subdividen en 188 barrios y 611 manzanas, aproximadamente. Adicionalmente, el Acto Legislativo 01 de 1993 estableció que la ciudad abarca también la comprensión territorial del barrio Las Flores, el corregimiento de La Playa, y el tajamar occidental de Bocas de Ceniza en el río Magdalena, específicamente el sector de la ciénaga de Mallorquín, y también se incluye el corregimiento de Juan Mina (Secretaría Distrital de Salud de Barranquilla, 2017).



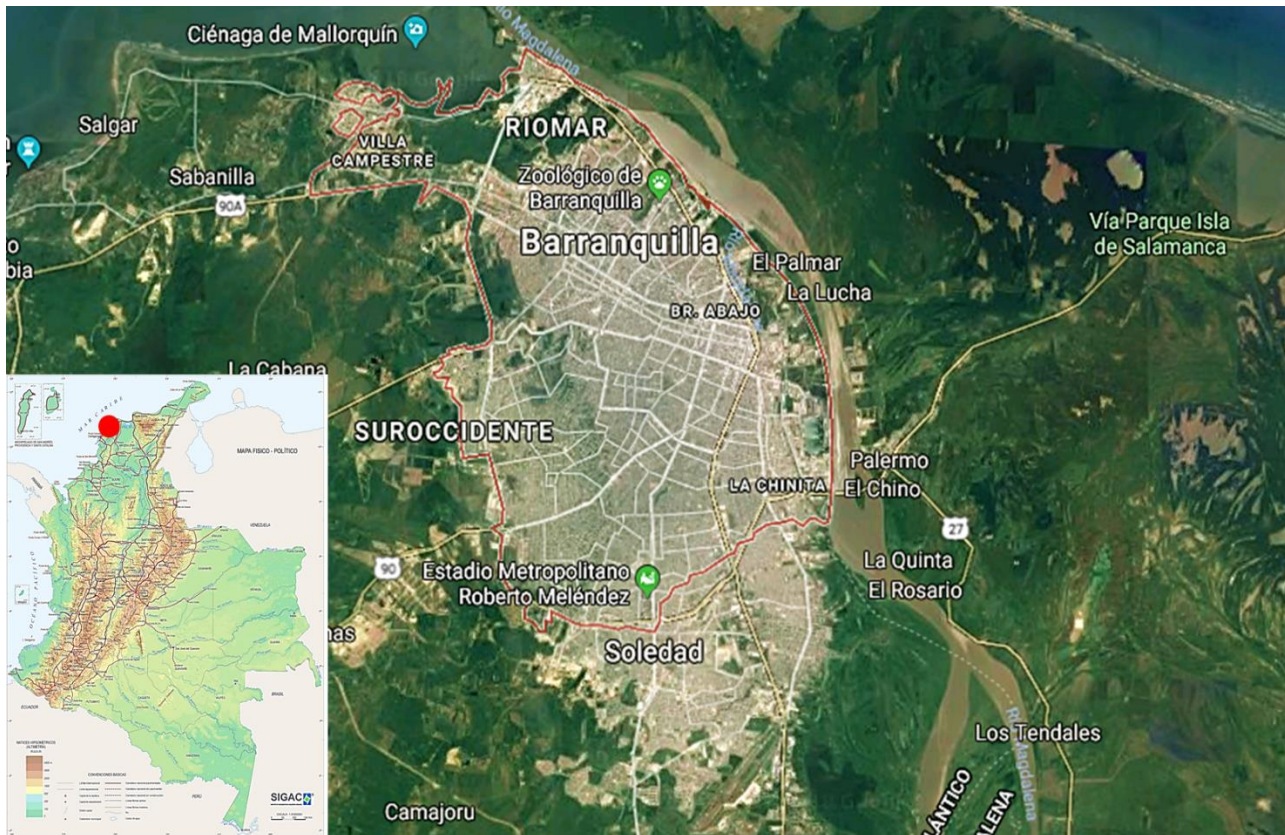


Figura 3. Ubicación geográfica del área de estudio.  
Fuente: Google Earth, 2018.

## 7.2 Tipo de estudio

De acuerdo al nivel de conocimiento científico (observación, descripción, explicación) al que espera llegar el investigador, se debe formular el tipo de estudio, es decir de acuerdo al tipo de información que se espera obtener, así como el nivel de análisis que se deberá realizar. En este sentido, el primer nivel de conocimiento científico sobre un problema de investigación se logra a través de estudios de tipo exploratorio, es decir el inicio de la misma, después puede ser descriptiva y correlacional, y finalizar como explicativa (Vázquez, 2016; Hernández et al., 2014).

Teniendo en cuenta que en las Instituciones Prestadores de Salud tanto la generación como gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos de origen biomédico y no biomédico es un tema que se ha estudiado muy poco y sobre el cual no se encuentra literatura asociada, se definió la naturaleza de la presente investigación como exploratoria, con el fin

principal de identificar la problemática asociada en clínicas, hospitales, odontologías y oftalmologías en la ciudad de Barranquilla.

En el presente estudio se busca familiarizar al leyente con el tema de la generación y gestión de RAEE en un sector puntual como es el de la salud teniendo en cuenta que la obtención de información tanto cuantitativa como cualitativa referentes a estos residuos posibilita la realización de investigaciones más completas de carácter descriptiva y explicativas; por su parte los resultados obtenidos podrán ser soporte en cuanto a políticas, planes y normatividad encaminados a la adecuada gestión de los RAEE generados.

De este modo, se pretende describir aquellos equipos biomédicos de mayor uso que se convierten en residuo tipo RAEE, aparte del conocimiento del sector de la salud sobre la gestión adecuada de los mismos, así como la disposición final que se le da a este tipo de residuos.

Al ser identificado como un tema poco estudiado que a su vez requiere trabajo bibliográfico, entrevistas y cuestionarios para su profundización, se es necesario la indagación de referentes de acuerdo al problema de manejo y disposición final de RAEE.

### **7.3 Población y muestra**

La población corresponde a las Instituciones Prestadoras de Salud ubicadas en la ciudad de Barranquilla con un aproximado de 582 (ver figura 4) entre entidades públicas y privadas, y que corresponden principalmente a laboratorios, consultorios médicos y odontológicos, centros de imágenes diagnósticas.

En el caso de las encuestas electrónicas, la muestra fue 150 IPS a las cuales se les envió el link respectivo. Posteriormente se realizaron las encuestas de forma presencial y para esto se visitaron 60 IPS, obteniendo un total de 210 instituciones entre privadas y públicas, considerando que algunas de estas fueran clínicas, hospitales, centros odontológicos y oftalmológicos.

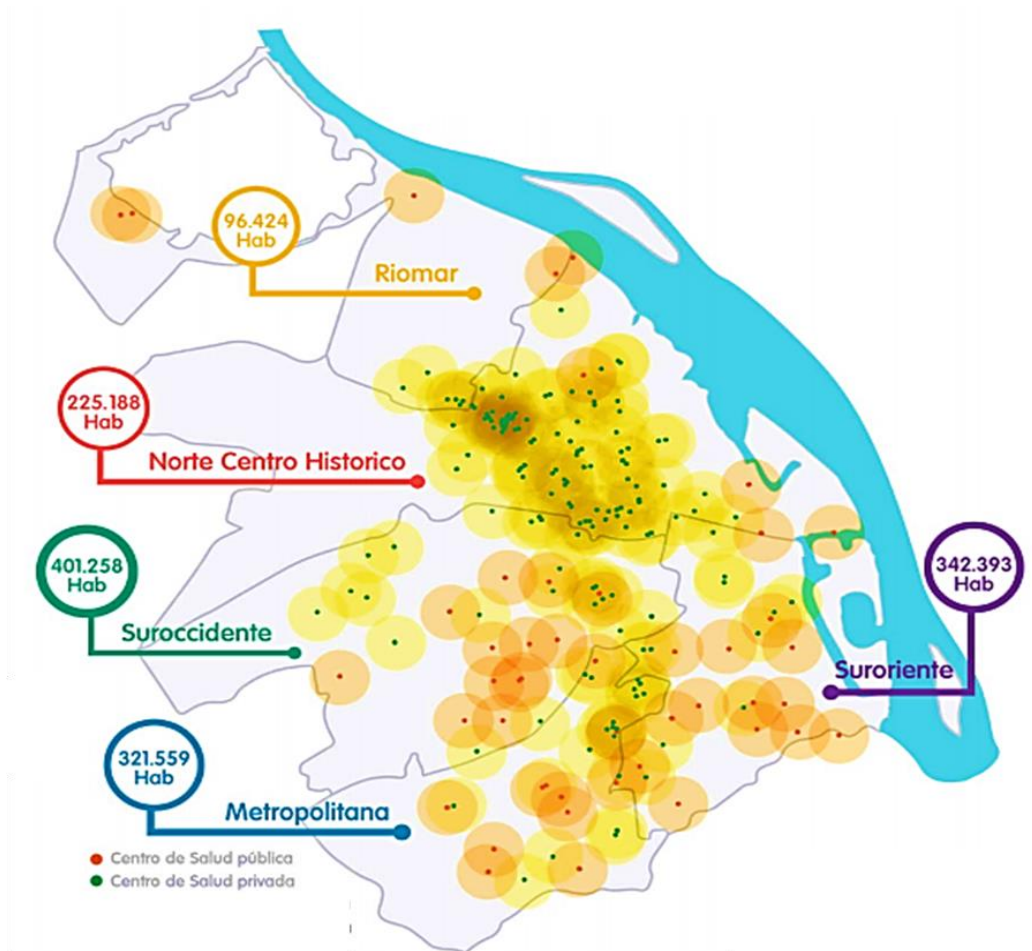


Figura 4. Mapa centros de salud públicos y privados de Barranquilla.  
Fuente: Alcaldía Distrital de Barranquilla, 2016.

Para calcular el tamaño de la muestra, con un nivel de confianza del 90% y un margen de error de 4.5% para un total de 210 muestras, se empleó la siguiente ecuación:

$$\frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N}\right)}$$

Donde,

$N$  = tamaño de la población.

$e$  = margen de error (porcentaje expresado con decimales).

$z$  = puntuación  $z$ .

## **7.4 Fases de investigación**

Para el análisis respectivo de la investigación se tuvieron en cuenta tres fases:

### ***7.4.1 Fase I: Exploración***

Inicialmente, se realizó una revisión documental y bibliográfica, con el fin de obtener toda la información necesaria para la construcción del marco teórico. Seguidamente se procedió a delimitar la zona y población de estudio.

Ahora bien, las bases de datos existentes en la página web de la Secretaría de Salud de la Alcaldía de Barranquilla, arrojó un listado de las instituciones prestadoras de salud (IPS) de la ciudad correspondiente al año 2016, por ende se procedió a filtrar teniendo en cuenta los siguientes criterios: 1) tipo de servicio médico ofrecido (clínicas, hospitales, centros de odontología y oftalmología); 2) nivel de complejidad (alta y mediana); 3) Su ubicación de acuerdo a la localidad (Norte-Centro histórico, Suroriente y Suroccidente).

### ***7.4.2 Fase II. Descripción y Análisis***

Contextualizando el objeto de estudio de esta investigación, se seleccionan los centros médicos a encuestar teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados y se organiza la información.

Cabe resaltar que inicialmente se elaboró una encuesta electrónica para que pudiera ser respondida en línea en un periodo de 15-20 días, con el fin de no interrumpir las ocupaciones laborales, además se consideró como la herramienta más eficiente para compilar la información. El link de esta fue enviada a los correos electrónicos que aparecían en el listado de la Secretaría de Salud de cada institución; Debido a que no tuvo tanta acogida las encuestas por este medio, se realizaron encuestas de manera presencial, por tal razón se optó por visitar cada centro médico y

acordar con el personal encargado del área gestión ambiental o con conocimiento del tema la fecha y hora que podía ser aplicada la encuesta.

### **Guía de entrevista**

**Estudio:** Evaluación de la gestión integral de los residuos tipos RAEE en las IPS, EPS, centros de oftalmología y odontología de la ciudad de Barranquilla.

**Contenido:** La encuesta consta de 15 preguntas que permiten identificar los principales RAEE generados en los centros médicos de la ciudad, así mismo conocer el manejo y la disposición final que le dan a estos cuando ya han cumplido con su vida útil. (Texto de sugerencia y guía). Esta encuesta fue adaptada del trabajo de Velásquez (2016) realizado en la ciudad de Bogotá. Así mismo, para seleccionar la información acerca de los equipos más usados en los centros odontológicos y oftalmológicos se tuvieron en cuenta los estudios realizados por Menjívar et al., 2014 y Srinivasan & Thulasiraj, 2003.

**Duración del proceso:** 20-25 minutos aprox.

**Objetivo general de la encuesta:** Analizar la gestión de los RAEE en las instituciones prestadoras de servicios de salud de la ciudad de Barranquilla.

**Preguntas:** (Ver Anexo 1)

Dado que el personal se mostraba reservado y dudoso de suministrar la información, en total sólo 60 instituciones diligenciaron la encuesta, de las cuales 40 fueron aplicadas en clínicas y hospitales; 10 en centros oftalmológicos y 10 en centros odontológicos, lo que equivale al 29% de la población que participó en esta investigación. Finalmente, los resultados obtenidos fueron tabulados en Excel y posteriormente interpretados utilizando la estadística básica descriptiva.

#### ***7.4.3 Fase III. Interpretación***

En esta fase fueron interpretados los resultados obtenidos anteriormente mediante un análisis estadístico simple de la información con el fin de determinar el tipo de manejo y la posible disposición final de los RAEE de origen biomédico y no biomédico presentes en las instituciones seleccionadas.

La evaluación de la gestión de los RAEE presentes en los centros médicos de Barranquilla fue posible comparando los resultados con los lineamientos que establece la normativa nacional e internacional referente a desechos de AEE (Resolución 1512 de 2010, Ley 1672 de 2013, Decreto 284 de 2018) y se espera que con esta investigación se puedan revisar las estrategias de gestión y aprovechamiento de estos residuos con la ayuda de las autoridades ambientales pertinentes y demás entidades relacionadas.

## 8. Resultados y discusiones

Producto del desarrollo de la presente investigación, se describen los resultados obtenidos en las diferentes preguntas plasmadas en las encuestas realizadas. En ese sentido, se procedió a presentarlos desde la pregunta 6 dado que las preguntas iniciales se refieren a datos de identificación y generales de las mismas.

### 8.1 Tipos de RAEE presentes en las IPS de Barranquilla y su manejo

**Pregunta 6. ¿Qué tipo de equipos de diagnóstico médico y/o de procedimientos que sean eléctricos y electrónicos utiliza?**

En la tabla 11 se muestran los equipos eléctricos y electrónicos de tipo biomédico que más se utilizan en las clínicas y hospitales, instituciones que pertenecen a la población de estudio de esta investigación:

**Tabla 11**

*Equipos biomédicos más frecuentes en centros hospitalarios y clínicas.*

Equipo	Frecuencia	%	Equipo	Frecuencia	%
<i>Desfibrilador</i>	40	100	<i>Autoclave</i>	34	85
<i>Electrocardiógrafo</i>	40	100	<i>Electrobisturí</i>	34	85
<i>Equipo de rayos X</i>	40	100	<i>Ventilador mecánico</i>	34	85
<i>Lámparas para uso médico</i>	40	100	<i>Baño serológico</i>	32	80
<i>Máquina de anestesia</i>	40	100	<i>Centrífugas</i>	32	80
<i>Monitor de signos vitales</i>	40	100	<i>Congeladores</i>	32	80
<i>Pulsioxímetro</i>	40	100	<i>Doppler fetal</i>	28	70
<i>Sistemas de infusión</i>	40	100	<i>Ecógrafo</i>	28	70
<i>Succionador</i>	40	100	<i>Incubadoras</i>	28	70
<i>Tensiómetro</i>	40	100	<i>Monitor fetal</i>	28	70
<i>Termómetro digital</i>	40	100	<i>Microscopio</i>	26	65
<i>Básculas médicas</i>	38	95	<i>Lámpara de fotocurado</i>	10	50
<i>Vaporizadores anestésicos</i>	38	95	<i>Equipos de radiología odontológica</i>	6	15
<i>Equipos de hematología</i>	38	90			

Fuente: Autores (2017).

Con base en la tabla anterior, fue posible analizar la frecuencia de entidades que cuentan con este tipo de equipos en la prestación de servicios de salud. Los datos reportados se graficaron en el siguiente diagrama de barras (Figura 5).

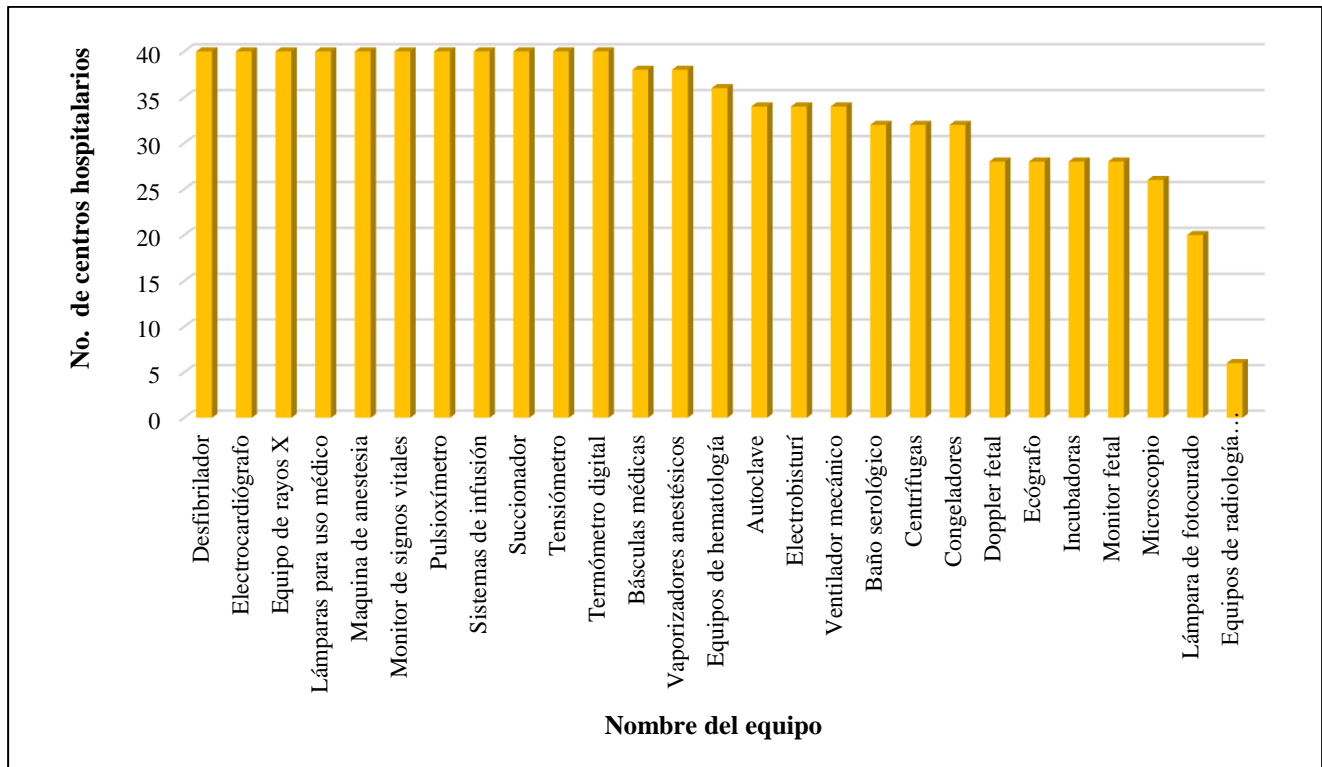


Figura 5. Tipos de AEE de diagnóstico médico y/o de procedimientos en centros hospitalarios y clínicas.  
Fuente: Autores (2017).

En la figura 5 se observa que los equipos más reportados en clínicas y hospitales fueron: Desfibrilador, electrocardiógrafo, equipo de rayos x, lámparas, máquina de anestesia monitor de signos vitales, pulsioxímetro, sistemas de infusión, succionador, tensiómetro y el termómetro digital, seguidos de las básculas médicas y los vaporizadores médicos, mientras que los menos frecuentes son los equipos utilizados para radiología.

Por otro lado, se evidenció que en algunas entidades el personal entrevistado se mostraba dudoso al responder esta pregunta debido a que no tenían total conocimiento de la existencia de ciertos equipos.



Ahora bien, Velásquez (2016), encontró que los equipos biomédicos más reportados por las IPS de Bogotá fueron: monitor de signos vitales, imagenología rayos x, centrífugas y microscopio. De la misma manera, en el estudio realizado por Díaz (2016) los AEE más usados en clínicas y hospitales fueron: microscopio, monitor de signos vitales y equipos de cómputo. Estos guardan relación con los resultados de mayor frecuencia que se obtuvieron en la aplicación de encuestas de esta investigación, exceptuando el microscopio que se registró como uno de los dispositivos de menor uso en las IPS de la ciudad de Barranquilla.

Para el caso de los centros odontológicos, los equipos más empleados en la prestación de sus servicios se muestran en la tabla 12.

**Tabla 12**

*Equipos biomédicos más frecuentes en centros odontológicos.*

<b>Nombre del equipo</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
<i>Unidad odontológica</i>	10	100
<i>Compresor odontológico</i>	10	100
<i>Pieza de mano alta y baja velocidad</i>	10	100
<i>Lámpara de fotocurado</i>	10	100
<i>Equipo de succión de saliva y sangre</i>	10	100
<i>Equipo de anestesia dental</i>	10	100
<i>Equipo de radiología odontológica y panorámica</i>	8	80
<i>Autoclave</i>	8	80
<i>Máquina de ultrasonido odontológica</i>	8	80
<i>Localizadores apicales</i>	6	60
<i>Amalgamador dental</i>	4	40

Fuente: Autores.

Encontrándose que las unidades odontológicas, compresores, lámparas de fotocurado, piezas de mano de alta y baja velocidad, equipos de succión de saliva, sangre y anestesia dental fueron los AEE con mayor frecuencia, seguido de los equipos de radiología odontológica y panorámica. El dispositivo menos reportado en estos centros fue el amalgamador dental.

En la figura 6 se muestra la representación gráfica de estos resultados:

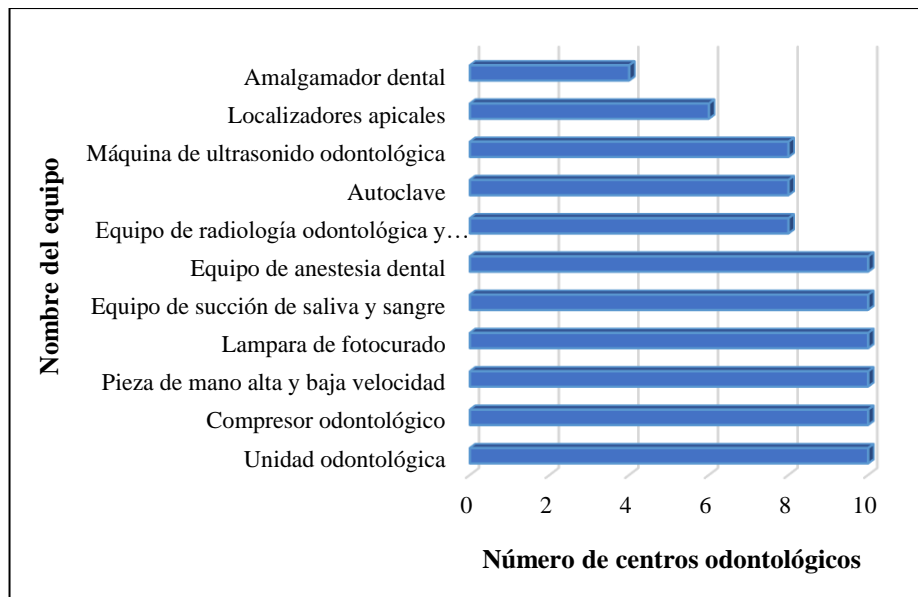


Figura 6. Tipos de AEE de diagnóstico médico y/o de procedimientos en centros odontológicos.  
Fuente: Autores.

En los centros oftalmológicos encuestados, los equipos más reportados se muestran en la tabla 13.

**Tabla 13**

*Equipos biomédicos más frecuentes en centros oftalmológicos.*

Nombre del equipo	Frecuencia	%
<i>Oftalmoscopio</i>	10	100
<i>Retinoscopio</i>	10	100
<i>Oftalmoscopio indirecto</i>	10	100
<i>Lámpara de hendidura</i>	10	100
<i>Queratómetro</i>	10	100
<i>Lensómetro</i>	10	100
<i>Tonómetro</i>	10	100
<i>Pupilómetro</i>	8	80
<i>Proyector</i>	8	80

Fuente: Autores.

Los resultados obtenidos muestran que la mayoría de estas entidades cuentan en su totalidad con los equipos básicos de diagnóstico oftalmológico (tonómetro, lensómetro, queratómetro,

lámpara de hendidura, oftalmoscopio indirecto, retinoscopio, oftalmoscopio), excepto el proyector y pupilómetro que son utilizados únicamente en ocho centros de estos.

Cabe resaltar que además de estos AEE se reportaron otros que no estaba incluidos dentro de las encuestas y que se mencionan a continuación: equipo láser de argón, laser oftálmico, biómetro óptico, topógrafo corneal, angiógrafo de retina, equipo cross-linking, equipo Venturi para cirugía de cataratas y equipo LASIK para cirugía refractiva.

Los resultados anteriores se representaron gráficamente en la figura 7:

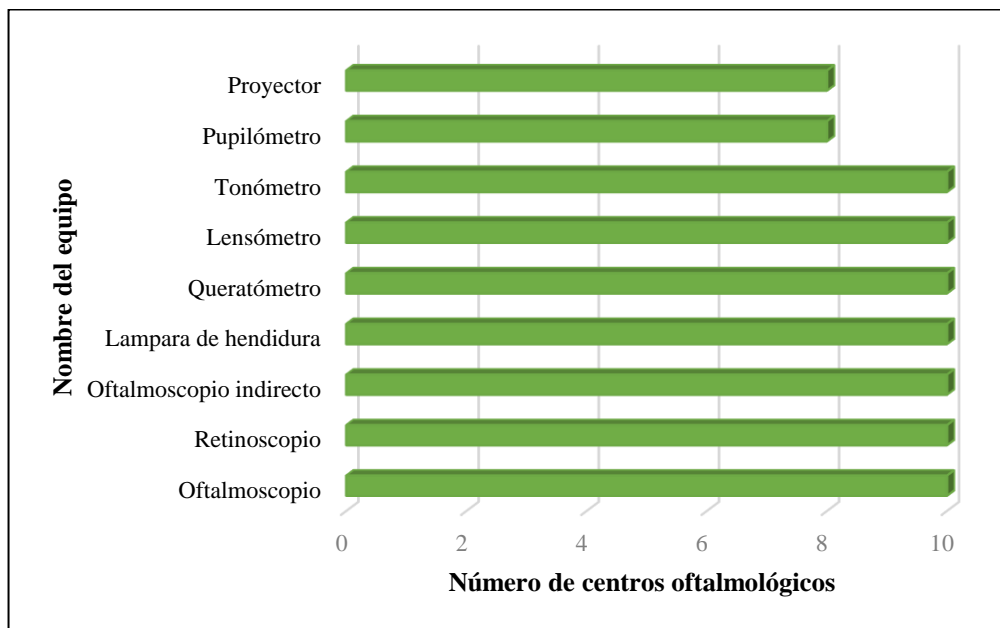


Figura 7. Tipos de AEE de diagnóstico médico y/o de procedimientos en centros oftalmológicos.

Fuente: Autores

### **Pregunta 7. ¿Qué tipo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos genera?**

La figura 8 contiene información acerca de los RAEE de tipo no biomédico que más se generan en las clínicas y hospitales.

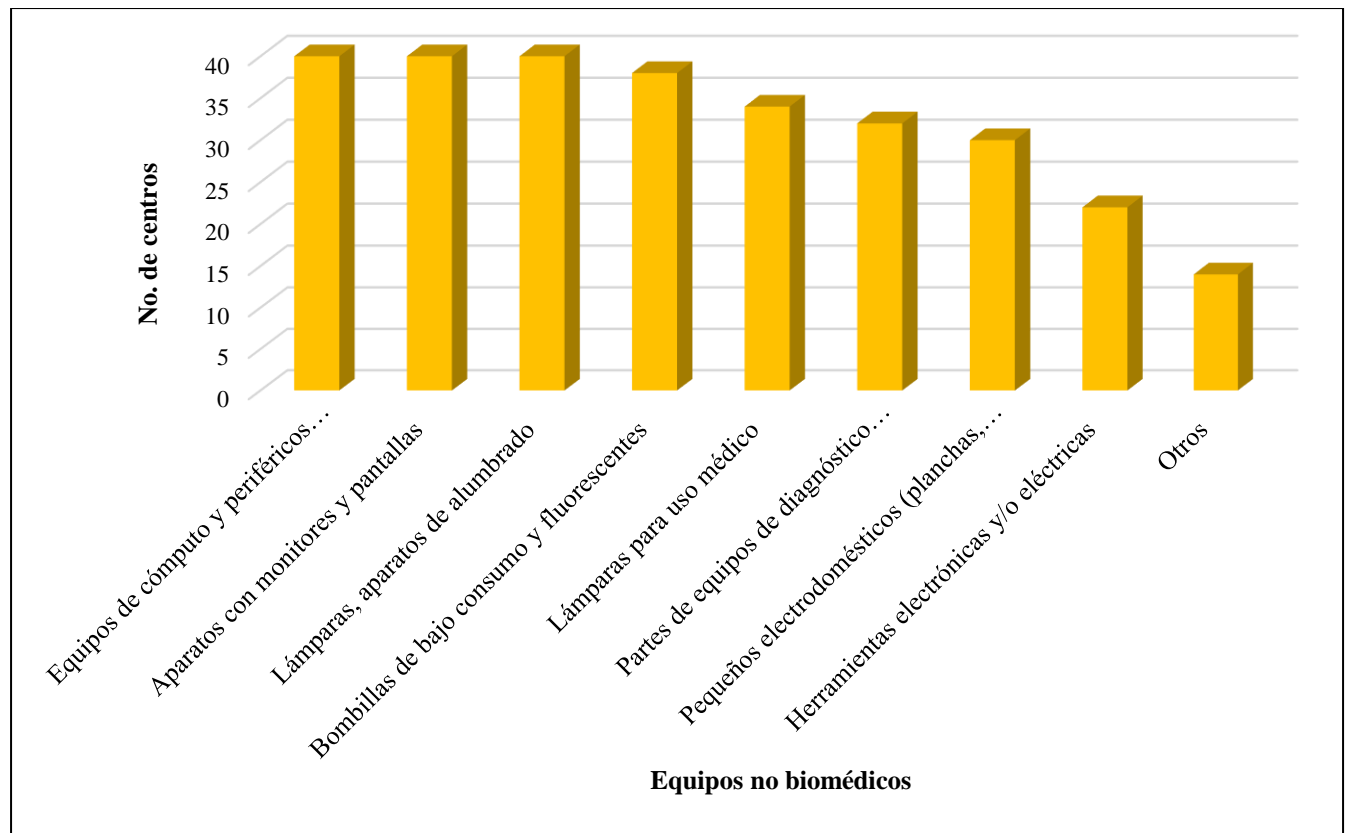


Figura 8. Tipos de AEE no biomédicos en clínicas y hospitales.  
Fuente: Autores (2017).

Los residuos de equipos de cómputo y periféricos (CPU, mouse, teclado); aparatos con monitores y pantallas; lámparas y aparatos de alumbrado, son reportados en un 100% por todas las IPS. Seguidamente, las bombillas de bajo consumo y fluorescentes en un 95%; mientras que las lámparas para uso médico y las partes de equipos biomédicos que no son monitores corresponden respectivamente al 85% y 80% del total de centros médicos encuestados.

En la categoría otros se encontraron equipos como: cámaras de seguridad, aires acondicionados, licuadoras, neveras, picadoras, ventiladores, interruptores, fotocopiadoras, microondas e impresoras. Sin embargo, en este último al ser los cartuchos y tóners un componente de las mismas, en algunas instituciones las personas encargadas de diligenciar la encuesta no tenían claridad y los consideraban como RAEE, lo cual deja en evidencia el poco conocimiento acerca de la definición de este tipo de residuos. Díaz (2016) también reportó la

misma situación en la ciudad de Bogotá, donde 3 instituciones de su población de estudio disponían a los cartuchos y tóners como RAEE. Mientras que en el estudio realizado por Velásquez (2016), varias entidades consideraban a las perforadoras y cosedoras de manera equivocada como residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

Por otra parte, la figura 9 contiene información acerca de los RAEE de tipo no biomédico que más se generan en los centros de odontología y oftalmología.

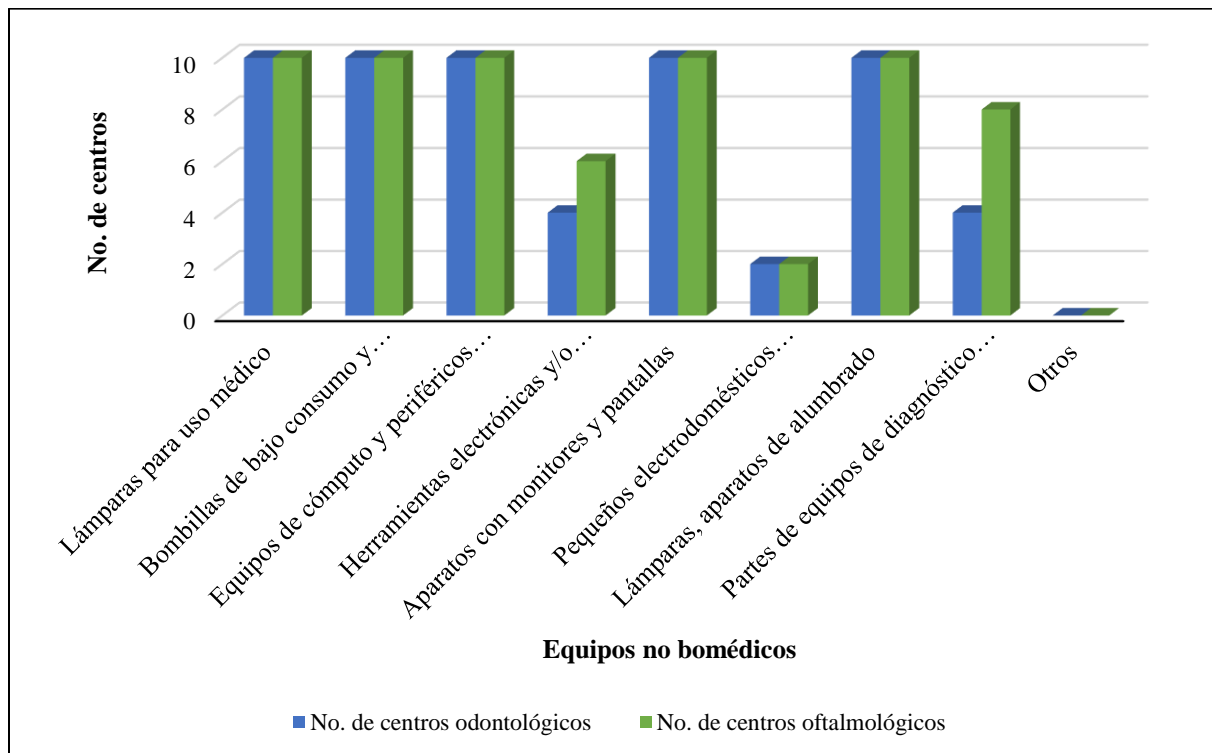


Figura 9. Tipos de AEE no biomédicos en centros odontológicos y oftalmológicos.

Fuente: Autores (2017).

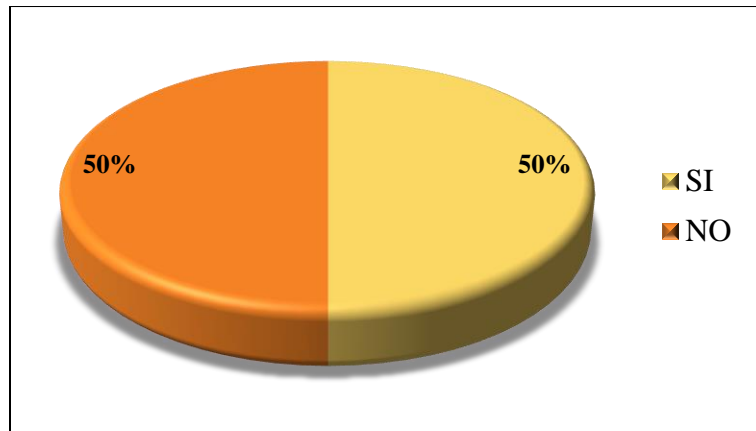
Con base en los resultados obtenidos, los residuos de equipos de cómputo y periféricos (CPU, mouse, teclado); aparatos con monitores y pantallas; lámparas y aparatos de alumbrado; bombillas de bajo consumo y lámparas para uso médico son reportados en un 100% por todas las entidades. Seguidamente, las partes de diagnóstico que no son monitores son generadas en un 80% por los centros oftalmológicos y un 40 % por las clínicas odontológicas. Para el caso de las

herramientas electrónicas y eléctricas el porcentaje fue de 60% y 40% respectivamente.

Finalmente, los pequeños electrodomésticos se generan en un 20% para ambas instituciones.

**Pregunta 8. ¿Podría determinar la cantidad de RAEE que genera?**

Teniendo en cuenta los resultados de la encuesta realizada, en la figura 10 se muestra el nivel de conocimiento que tienen las clínicas y hospitales acerca de los RAEE generados.

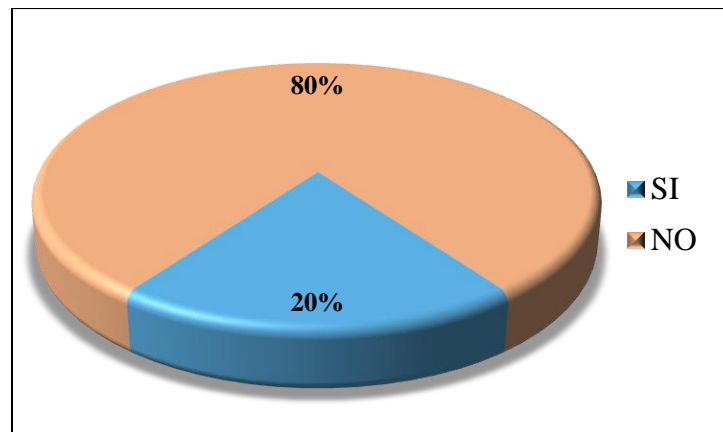


*Figura 10.* Nivel de conocimiento de RAEE generados en hospitales y clínicas.  
Fuente: Autores

El 50% de las IPS encuestadas reportó que tenía conocimiento acerca de la cantidad generada de RAEE, por ende, el 50% restante respondió que no podría determinar la cantidad de estos residuos.

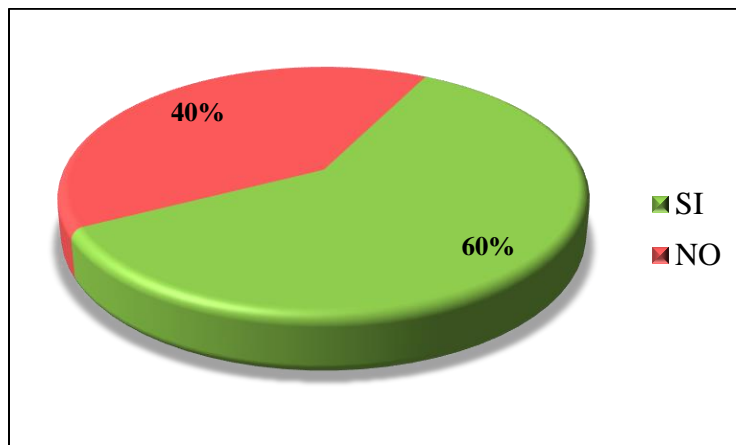
Esta situación es alarmante si se tiene en cuenta que la mitad de la población de estudio aún no conoce cuantos residuos de AEE generan en promedio en la prestación de sus servicios, debido a que no cuentan con reportes de inventarios o estadísticas que incluyan el volumen de los equipos una vez sean dados de baja. Según Velásquez (2016), en Bogotá el 65% de las IPS que tomó como población de estudio conoce la cantidad de estos residuos, mientras que el 35% aún no conoce cuánto genera y tampoco el tiempo de vida útil de sus equipos.

Por otra parte, en las figuras 11 y 12 se muestra el nivel de conocimiento de los RAEE generados en los centros odontológicos y oftalmológicos que fueron encuestados.



*Figura 11.* Nivel de conocimiento de RAEE generados en centros odontológicos.  
Fuente: Autores

Para el caso de los centros odontológicos, se reporta que sólo el 20% tienen conocimiento de la cantidad de RAEE generada, mientras que el 80% restante desconoce la cifra de estos residuos cuando han cumplido ya con su vida útil.



*Figura 12.* Nivel de conocimiento de RAEE generados en centros oftalmológicos.  
Fuente: Autores

Mientras que en los centros oftalmológicos se registra que el 60% conoce la cantidad de este tipo de residuos que son generados en las actividades de la prestación de sus servicios de salud. El 40% de las entidades restantes presentan un bajo nivel de conocimiento acerca de sus RAEE.

Teniendo en cuenta, los resultados obtenidos de todas las IPS (clínicas, hospitales, centros oftalmológicos y odontológicos) que diligenciaron la encuesta en la ciudad de Barranquilla es

posible analizar que de acuerdo a la figura 13, el 53% no tienen conocimiento de la cantidad que generan. Esto debido a que muchas de estas entidades no cuentan con un centro de acopio, por tal razón los residuos de AEE que ya han cumplido con su ciclo de vida útil no son registrados en el reporte de inventario que deben realizar las mismas, sino que llevan el registro únicamente de los residuos hospitalarios.

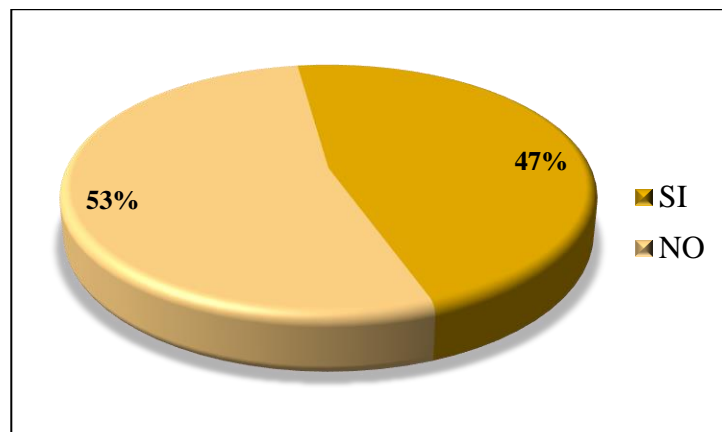


Figura 13. Nivel de conocimiento global de RAEE en los centros.  
Fuente: Autores.

**Pregunta 8.1 ¿Qué cantidades genera de cada tipo de residuo RAEE y en qué período de tiempo?**

Con base en la encuesta, en la figura 14 se muestran las cantidades generadas de RAEE por año en clínicas y hospitales.



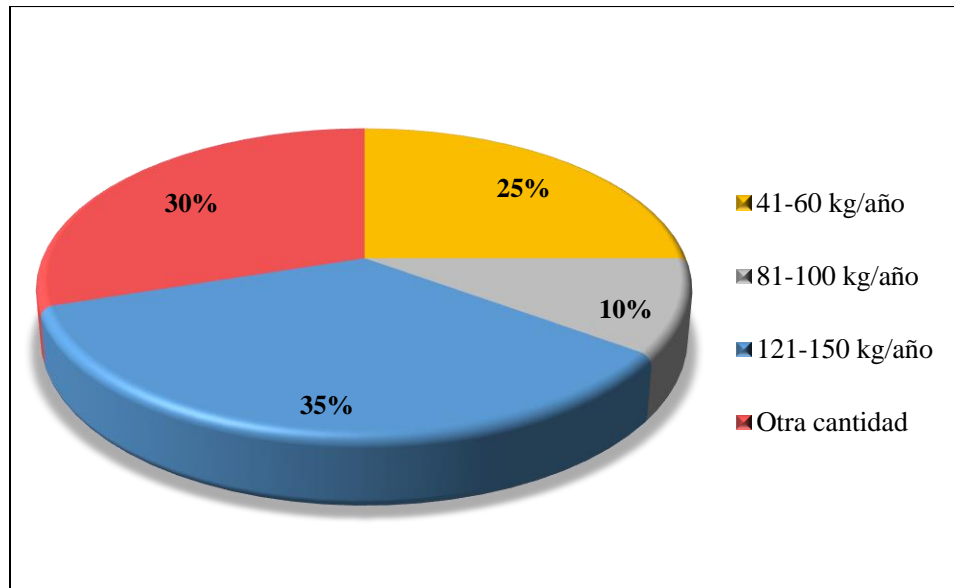


Figura 14. Cantidad de RAEE (anual) en hospitales y clínicas.

Fuente: Autores

Las IPS encuestadas reportan que un 10% genera una cantidad aproximada de 81-100 kg/año, mientras que el rango de 41-60 kg/año lo generan un 25%, seguido de “otra cantidad” con un 30% y para el caso del rango de 121-150 kg/año representan un valor de 35%. Cabe resaltar que las clínicas y hospitales se seleccionaron teniendo en cuenta el criterio de nivel de complejidad (alta y mediana), las cuales generan un volumen considerable de residuos de AEE en la prestación de sus servicios. En el estudio realizado por Velásquez (2016) la mayoría de las IPS reportan una generación de RAEE por debajo de 1 kg/año, mientras que sólo el 3% de las mismas generarían más de 100 kg/año y el 16,2% de la población de estudio no conoce cuanto genera.

La figura 15 muestra la cantidad de residuos generados en los centros oftalmológicos y odontológicos.

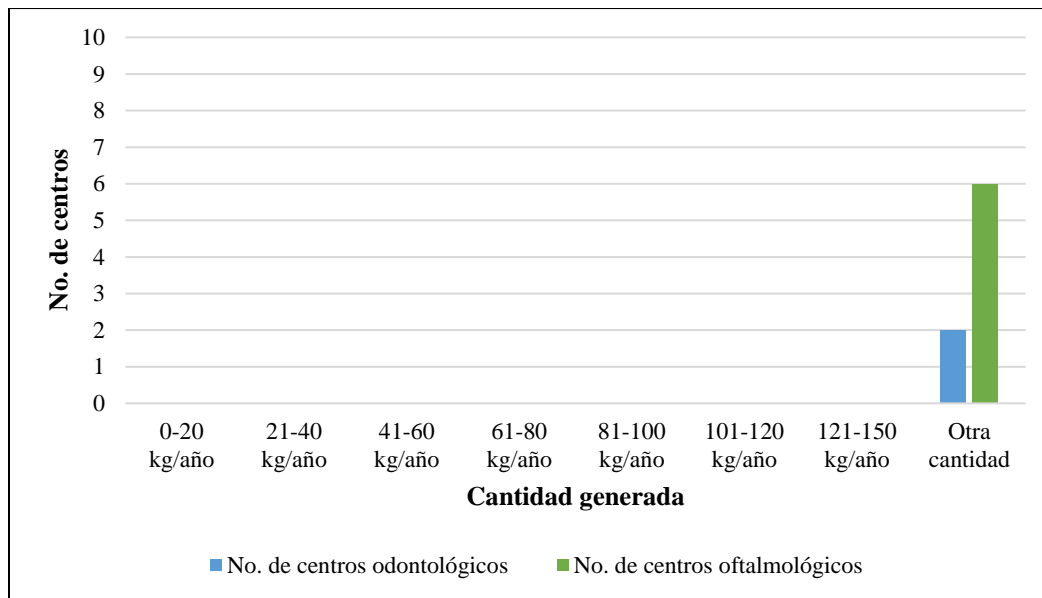


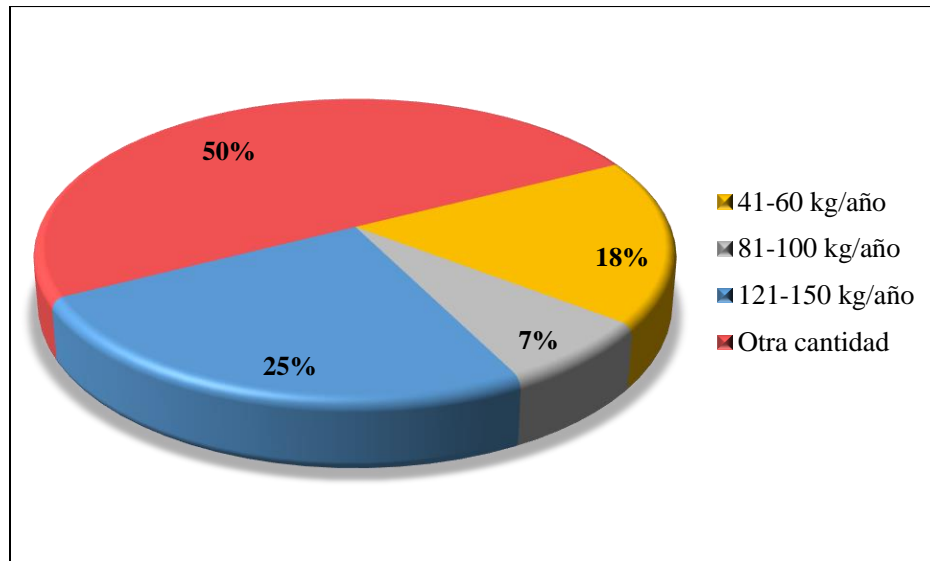
Figura 15. Cantidad de RAEE (anual) en odontologías y oftalmologías.

Fuente: Autores

Acorde con la información suministrada en la figura 15, ninguna de las instituciones registró una cantidad dentro de los rangos, por el contrario, reportaron valores superiores a los ya establecidos en la encuesta. En el caso de los dos centros odontológicos que tenían un estimado, la cantidad de RAEE generada es de 492 kg/año; mientras que del total de clínicas oftalmológicas 4 reportaron un aproximado de 252 kg/año y las 2 restantes de 492 kg/año.

Ahora bien, estos valores resultan un poco inusuales si se tiene en cuenta que estos centros están generando volúmenes muy altos de RAEE, inclusive más que en las clínicas y hospitales encuestados. Sin embargo, vale la pena mencionar que las personas encargadas no tenían un registro o soporte de estas cantidades sino un estimado.

En la figura 16 se representa gráficamente la cantidad global de RAEE generados por año en todas las instituciones prestadoras del servicio de salud en la ciudad de Barranquilla.



*Figura 16. Cantidad global de RAEE (anual).*

Fuente: Autores

La figura anterior muestra que el 50% de las entidades encuestadas generan una cantidad superior a los 150kg/año. Mientras que el rango de 41-60 kg/año registra un 18%, seguido de un 25% para el caso de aquellas IPS que generan residuos de AEE en un rango de 121-150 kg/año y por último sólo el 7% de las mismas reportan una cantidad aproximada de 81-100 kg/año. Es importante resaltar que algunas entidades no tienen en cuenta el peso de los equipos biomédicos eléctricos y electrónicos (principalmente los de mayor tamaño), sino únicamente el de los no biomédicos.

#### **Pregunta 9. ¿Cuenta con un centro de acopio o almacenamiento para RAEE?**

La figura 17 muestra la información relacionada con la existencia de los centros de acopio o de almacenamiento en las clínicas y hospitales obtenida de la encuesta.

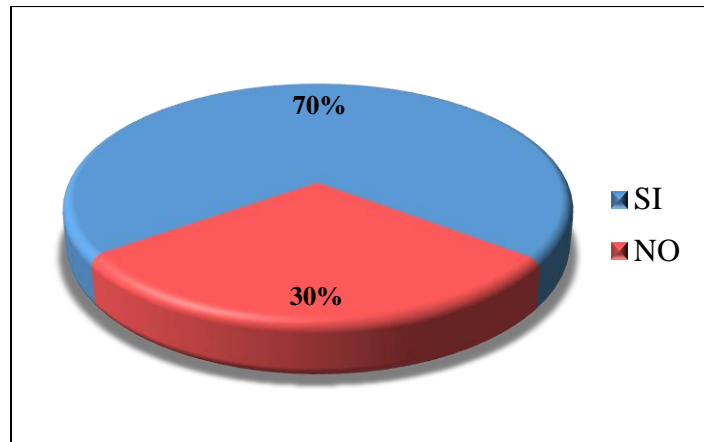


Figura 17. Porcentaje de clínicas y hospitales que cuentan con centro de acopio o almacenamiento.

Fuente: Autores

El 70% de las IPS encuestadas reportó que si cuentan con un espacio adecuado para el acopio temporal de los RAEE generados en sus actividades. Como ya se mencionó anteriormente, estas clínicas y hospitales son de alta y mediana complejidad, razón por la cual el volumen de estos residuos es significativo y deben ser almacenados en lugares estratégicos para su recolección, ya sea por parte de un gestor externo o el operador de aseo.

Las figuras 18 y 19 representan gráficamente el porcentaje de los centros odontológicos y oftalmológicos que cuentan con un centro de acopio dentro de sus instalaciones.

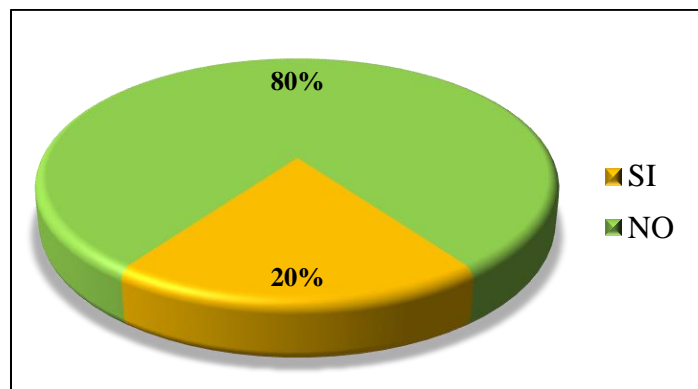
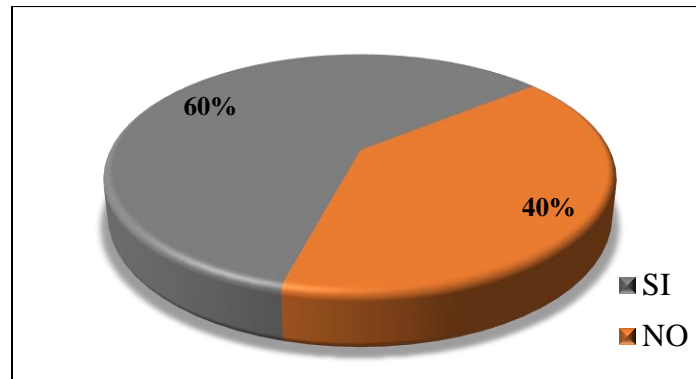


Figura 18. Porcentaje de centros odontológicos que cuentan con centro de acopio o almacenamiento.

Fuente: Autores.



*Figura 19.* Porcentaje de centros oftalmológicos que cuentan con centro de acopio o almacenamiento.  
Fuente: Autores.

Se observa que en las clínicas odontológicas el 80% no posee un centro de acopio para el almacenamiento temporal de los RAEE cuando estos ya han cumplido con su vida útil y sólo el 20% cuenta con un lugar para tal fin. En el caso de los centros oftalmológicos el 60% si tiene un espacio para la acumulación de estos residuos antes de su recolección, mientras que el 40% restante no.

El no contar con un centro de acopio y disponer los desechos de AEE a la intemperie evita que sus partes o componentes sean reacondicionadas y/o reutilizadas, teniendo en cuenta que al no poseer ningún tipo de material o estructura que los proteja están expuestos a factores externos como las altas temperaturas, lluvias, polvo, entre otros o a accidentes como fisuras y rompimientos; lo cual puede traer inconvenientes al momento de la recolección por parte del gestor externo.

La figura 20 muestra el porcentaje global de todas las IPS encuestadas en la ciudad de Barranquilla.

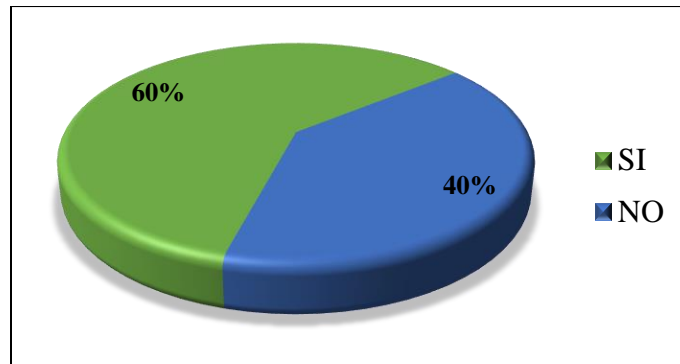


Figura 20. Porcentaje global de centros que cuentan con centro de acopio o almacenamiento.

Fuente: Autores

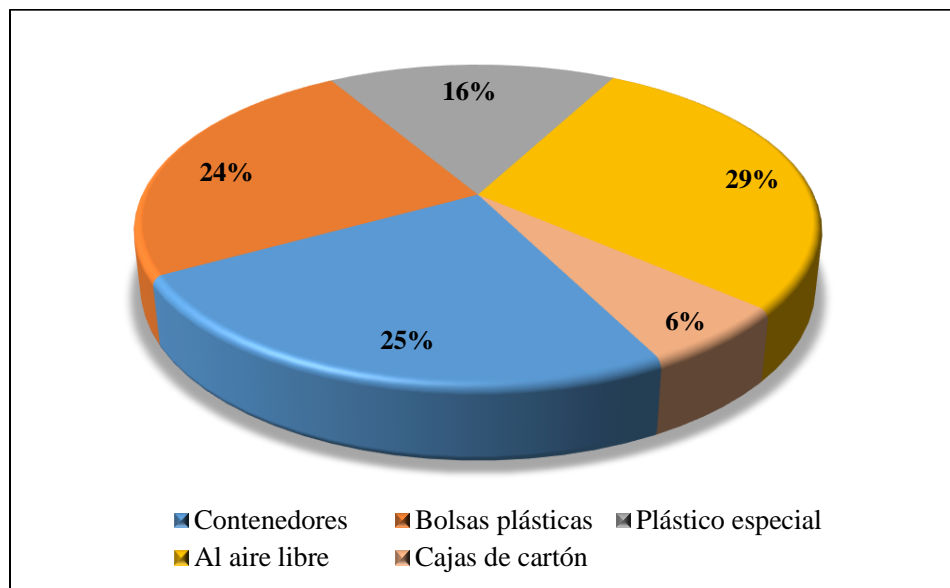
De las 60 instituciones prestadoras del servicio de salud, incluyendo los centros de odontología y oftalmología, el 60% cuenta con un centro de acopio para los residuos de AEE que son generados en sus actividades; mientras que el 40% no posee con este lugar de almacenamiento temporal. Vale la pena resaltar que en la mayoría de las entidades los centros de acopio no cumplen con los requisitos establecidos en los lineamientos técnicos para el manejo de RAEE, dicho documento menciona que las instalaciones de estos deben tener pisos impermeables, capacidad adecuada para el manejo de todo el inventario, así como el registro de los mismos, protección contra el acceso no autorizado, entre otros.

Por el contrario, en las visitas a las IPS se observó que en algunas los equipos de mayor tamaño por lo general eran ubicados en la intemperie y otras no contaban con la restricción al personal no autorizado. Ahora bien, es importante destacar que los Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible del país, guardan relación con lo establecido por la Norma Técnica Peruana 900.065 en donde se establecen, al igual que en Colombia, que los centros de acopio de estos residuos deben ser techados, con pisos adecuados-impermeabilizados para evitar contaminación, igualmente deben llevarse registro de ingresos y salida de los RAEE generados. De la misma manera, en Argentina el Proyecto de Ley S-0934/10 determina que las instalaciones

de almacenamiento deben contar como mínimo con balanzas para pesar estos residuos, superficies impermeables y cubiertas contra la intemperie, sistema de contención de derrames y un lugar adecuado para las piezas desmontadas. Por su parte, Miotti et al. (2015), compara los estándares RAEE de Suiza (SENS/Swico); Europa (WEEElabex, CENELEC); Estados Unidos (R2), e-Stewards, afirmando que los estándares europeos contienen información detallada con respecto a la estructura de las instalaciones y la protección contra las condiciones climáticas del almacenamiento de RAEE, mientras que los norteamericanos dan requisitos muy generales.

#### **Pregunta 10. ¿Cómo almacena los RAEE?**

De acuerdo a la información obtenida de la encuesta, en la figura 21 muestra el tipo de almacenamiento que se les da a los RAEE en los centros de acopio.

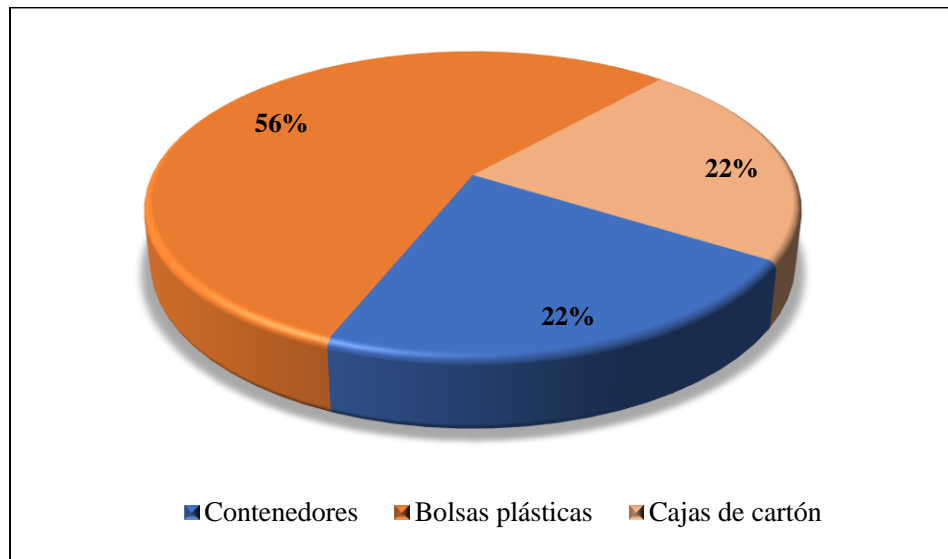


*Figura 21.* Tipo de almacenamiento de RAEE en clínicas y hospitales.  
Fuente: Autores (2017).

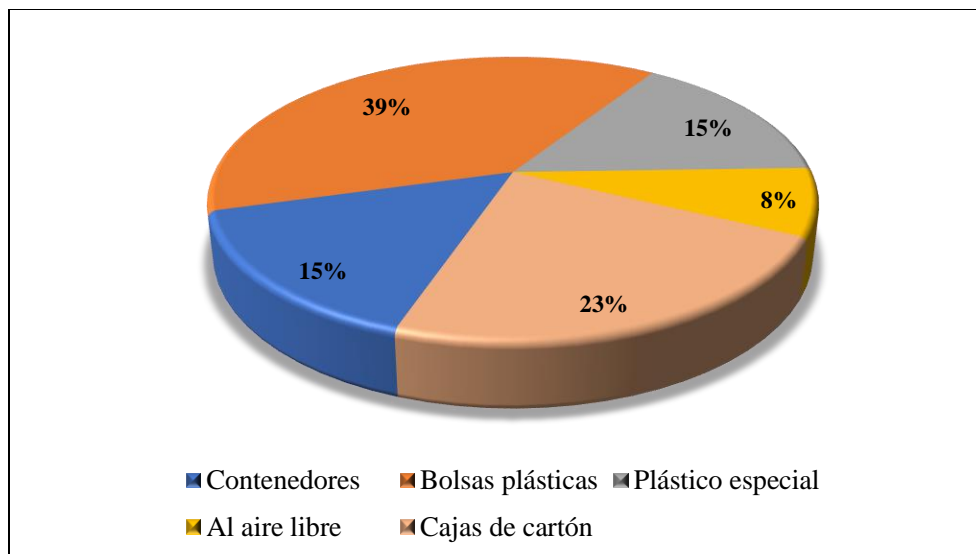
El 29% de las clínicas y hospitales reportan que almacenan los RAEE al aire libre y el 25% en contenedores; seguido de un 24% que utiliza bolsas plásticas para el acopio de los mismos. Un

16% de la población de estudio hace uso de un plástico especial y finalmente, sólo el 6% los acopia en cajas de cartón.

Las figuras 22 y 23 representan el porcentaje del tipo de almacenamiento en centros odontológicos y oftalmológicos.



*Figura 22.* Tipo de almacenamiento de RAEE en centros odontológicos.  
Fuente: Autores (2017). Adaptada de Velásquez (2016).



*Figura 23.* Tipo de almacenamiento de RAEE en centros oftalmológicos.  
Fuente: Autores (2017).



El 56% de los centros odontológicos almacenan los RAEE en bolsas plásticas, seguido de un 22% que utiliza contenedores. Finalmente, el 22% restante hace uso de cajas de cartón para el acopio de los mismos. Para el caso de los centros de oftalmología, el 39% los recolecta en bolsas plásticas; mientras que las cajas de cartón son utilizadas por el 23% de estas, un 15% usa contenedores y otro 15% plástico especial; finalmente, sólo el 8% de estas entidades los almacena al aire libre.

La figura 24 muestra los resultados globales de las encuestas realizadas a todas las instituciones prestadoras del servicio de salud en la ciudad de Barranquilla.

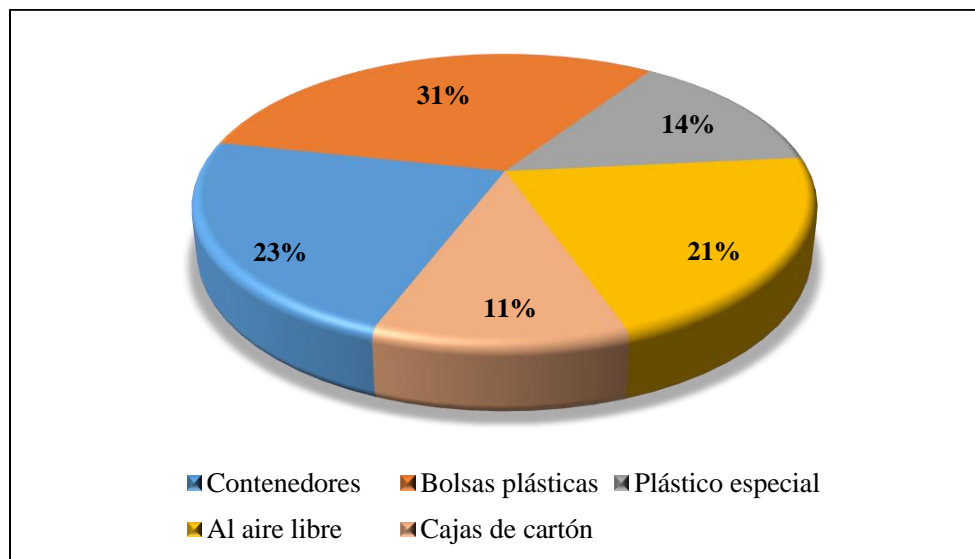


Figura 24. Tipo de almacenamiento en los centros (dato global).

Fuente: Autores (2017).

De las 60 IPS (clínicas, hospitales, centros de odontología y oftalmología) que diligenciaron la encuesta, el 31% almacena los RAEE en bolsas plásticas, seguidos de un 23% y 21% que los acopia en contenedores y al aire libre respectivamente. El 14% hace uso de un plástico especial y el 11% restante utiliza cajas de cartón.

Mediante observaciones realizadas en las visitas a los centros de acopio de las entidades que permitieron el acceso, se pudo evidenciar que varios equipos, principalmente de cómputo y de oficina son apilados uno tras otro sin el mínimo cuidado; de igual manera algunos componentes de equipos biomédicos son ubicados directamente sobre el suelo sin ningún tipo de protección. Por otra parte, los aparatos almacenados en cajas de cartón y contenedores de plástico ya sobrepasaban la capacidad de los mismos. Estos equipos tampoco son clasificados correctamente de acuerdo al tipo de AEE, incluso muchos de estos se encuentran al lado de canecas para residuos ordinarios, lo que dificulta el proceso de recolección al momento de ser entregados para su disposición final. Ahora bien, según la Norma Técnica Peruana 900.065 estos se deben acomodar en cajas de acuerdo al tamaño y característica del RAEE, así mismos deben ser colocados en zonas seguras, de fácil acceso y con vigilancia para evitar robos.

Finalmente, en ciertas instituciones esta área de almacenamiento de RAEE es utilizada por el personal de trabajo como zona de descanso y lo más alarmante de esta situación es que muchos empleados consumen sus alimentos, generalmente a la hora del almuerzo, desconociendo el riesgo al que están expuestos al considerar los componentes de estos aparatos como residuos peligrosos.

**Pregunta 11. ¿Qué tipo de dificultades ha tenido en el almacenamiento de estos residuos?**

De acuerdo a la información suministrada por el personal entrevistado, dentro de los mayores problemas o dificultades que se presentan en el almacenamiento temporal de los RAEE generados en los centros hospitalarios y clínicas fuse muestran en la figura 25.

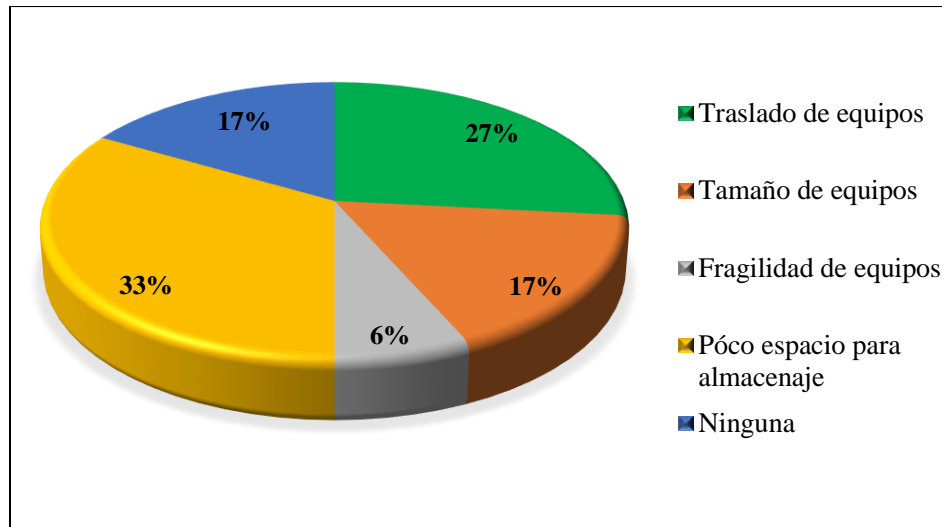


Figura 25. Tipo de dificultades presentes en el almacenamiento de RAEE generados en clínicas y hospitales.  
Fuente: Autores

Se reportó que uno de los inconvenientes que más se presentan al momento de almacenar los RAEE generados es el poco espacio de almacenaje con que cuentan algunas instituciones (33%), las cuales mencionaron que se generan grandes cantidades de RAEE que sobrepasa muchas veces el área de almacenamiento, esto por lo general se debe a que este mismo es compartido para el acopio de los demás tipos de residuos sólidos generados. Un 27% del personal entrevistado reportó que el traslado de los equipos una vez sean dados de baja es un problema que se presenta en varias ocasiones, esto se debe principalmente al tamaño de algunos RAEE (17%), que por lo general son de tipo biomédico, los cuales necesitan ser transportados por los distintos pasillos del centro de salud generando molestias ya sea a los pacientes, al personal médico y a los visitantes. Por su parte, el 6% de las entidades presentan inconvenientes en el almacenaje de estos residuos debido a la fragilidad de algunos componentes de los mismos, ya que muchos de estos sufren accidentes como fisuras o rompimiento. Finalmente, un 17% manifestó no haber presentado ningún tipo de dificultad al momento de dar a acopio a sus RAEE.

Por otro lado, las figuras 26 y 27 representan gráficamente el porcentaje de los centros odontológicos y oftalmológicos que informaron tener problemas al momento de almacenar sus RAEE.

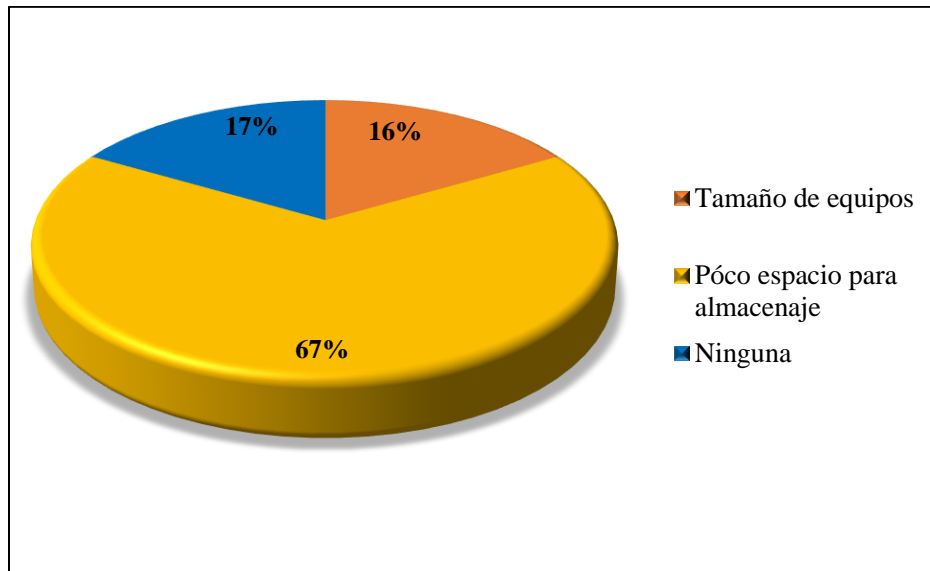


Figura 26. Tipo de dificultades presentes en el almacenamiento de RAEE generados en centros odontológicos.  
Fuente: Autores

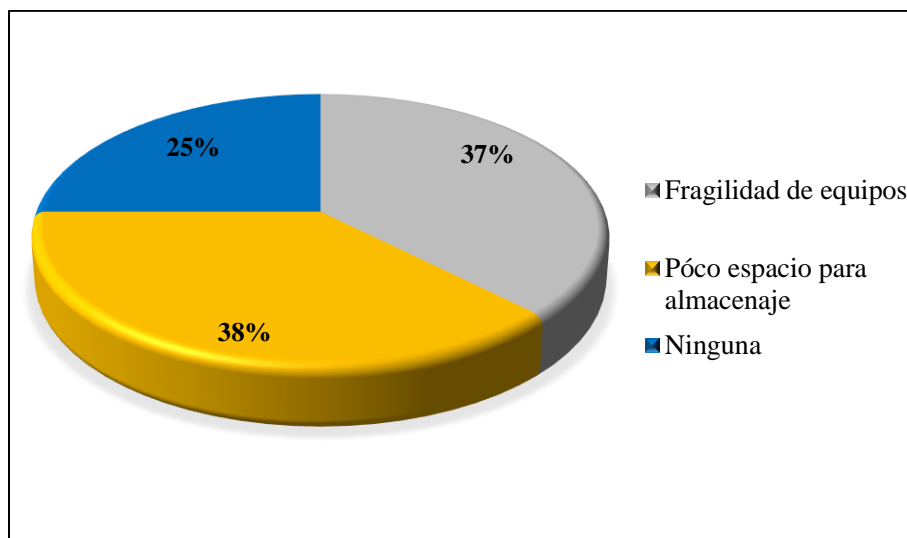


Figura 27. Tipo de dificultades presentes en el almacenamiento de RAEE generados en centros oftalmológicos.  
Fuente: Autores

De este modo, se observa que los porcentajes más altos, tanto en las clínicas odontológicas como en la oftalmológicas, se le atribuye al poco espacio de almacenaje (67 y 38%,

respectivamente), lo cual guarda relación con que la mayoría de estos centros no cuentan con un área de acopio de los RAEE generados. Los centros odontológicos reportaron tener inconvenientes con el tamaño de algunos equipos biomédicos por el tamaño que estos ocupan (17%), por lo cual son ubicados temporalmente en zonas alternas. Para el caso de los centros oftalmológicos, la fragilidad de los equipos (37%) es un problema que se presenta con bastante frecuencia, ya que son equipos ópticos que necesitan ser almacenados en cajas de cartón para no sufrir ningún tipo de accidente que afecta sus partes o componentes. Por último, el 17 y 25% de los centros odontológicos y oftalmológicos, respectivamente, manifestaron no tener inconvenientes al momento de almacenar los RAEE generados una vez sean dados de baja.

La figura 28 muestra el porcentaje global de las IPS encuestadas en la ciudad de Barranquilla, a partir del cual se puede decir que varios centros entre clínicas y hospitales, odontologías y oftalmologías presentan una o más dificultades al momento de almacenar sus RAEE.

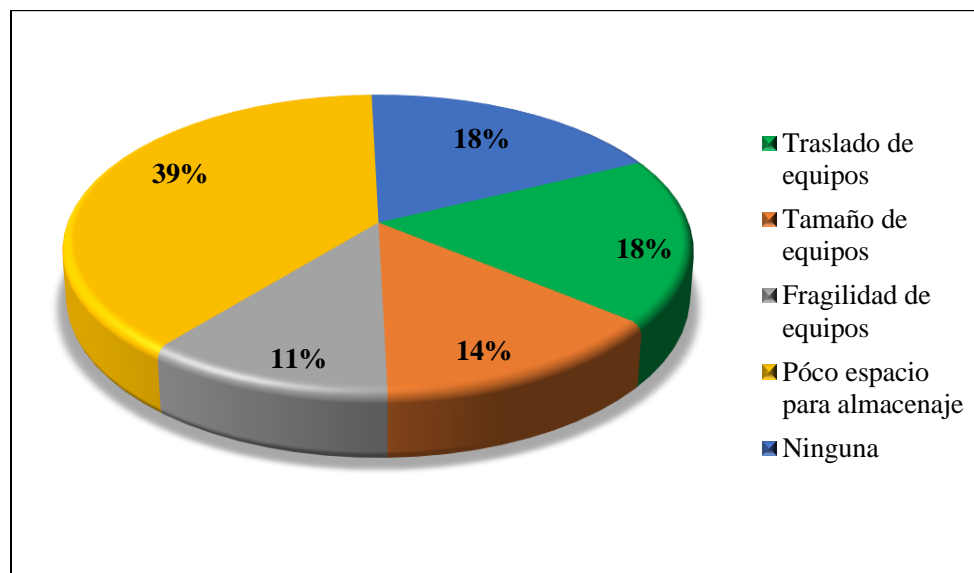


Figura 28. Tipo de dificultades presentes en el almacenamiento de RAEE generado (dato global).  
Fuente: Autores.

El 18% de estos informan que tienen inconvenientes en el traslado de los mismos hacia su centro de acopio debido a que los RAEE generados necesitan ser movidos por los distintos

planteles en el caso de aquellos centros que poseen más de dos pisos, así mismo influye en este problema el peso y tamaño de los equipos, donde un 14% reportaron que este es un factor que dificulta el transporte interno de los residuos para su almacenaje, por ende aquellos equipos de gran tamaño muchas veces son ubicados temporalmente en pasillos o lugares alternos lo cual afecta la movilidad de los pacientes y del personal médico. Por su parte, el 11% de los centros entrevistados informaron que en ocasiones se presentan accidentes con los equipos debido a que muchos de estos poseen componentes muy frágiles lo que aumenta la posibilidad que puedan sufrir rompimiento y fracturas, lo cual es producto de que muchos equipos no son almacenados de la mejor manera, ya sea porque son apilados uno tras otro o porque no cuentan con los lineamientos técnicos requeridos para el cuidado de los mismos durante su almacenaje temporal. Por otro lado, aunque el 60% de los centros visitados cuentan con un centro de acopio, el 39% de estos mencionan que poseen poco espacio para tal fin debido a que se generan grandes cantidades de equipos que sobrepasan el área de almacenamiento, por lo que se ven obligados a ubicar los RAEE al aire libre sin protección de la intemperie y las altas temperaturas. Finalmente, el 18% informó que no han tenido ningún tipo de dificultad durante este proceso.

Es importante mencionar que durante la visita a cada uno de los centros, en alguno de ellos se evidenciaba que su área de almacenamiento no contaba con las requisitos técnicos necesarios para la protección de los RAEE generados como, ser almacenados sobre estibas, o en cajas de rejillas o de madera, sino que muchos de estos eran apilados unos sobre otros sin tener en cuenta el tipo de equipo, principalmente los equipos de cómputo y periféricos, aires acondicionados, y monitores; así mismos no contaban con la capacidad adecuada para el almacenaje de todo el inventario de RAEE dificultando la carga y transporte por parte del gestor externo encargado al momento de hacer la respectiva recolección de estos residuos.

**Pregunta 12. ¿Cuál es la disposición final de los equipos almacenados?**

La figura 29 presenta la disposición final de los RAEE generados, el 19% de hospitales y clínicas manifestaron que realizan procesos de devolución a los proveedores, siendo un porcentaje que se espera ampliar a futuro, puesto que la responsabilidad de éstos RAEE debe recaer en los proveedores, de acuerdo a las discusiones que se han dado para formular la política nacional de RAEE desde el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. El 36% de las instituciones reportaron que sus RAEE son sometidos a procesos de aprovechamiento de piezas (18%) y donación (18%) (cuando son cambios de tecnología, pero el equipo sirve), siendo este último entregado ya sea a otras clínicas u hospitales, a clínicas veterinarias, a universidades o fundaciones. Asimismo, el 15% reportó realizar procesos de chatarrización de los equipos y un 13% entrega sus residuos a Planes Posconsumo, sin embargo este sólo aplica a cierto tipo de residuos clasificados dentro de la línea marrón y gris, los cuales son entregados al colectivo empresarial EcoCómputo, es importante resaltar que de acuerdo a la información suministrada por estas instituciones, para que se pueda llevar a cabo el sistema de recolección, dichos residuos tecnológicos deben superar los 350 kg, de lo contrario las propias entidades deben transportar sus residuos hasta el centro de acopio asignado por EcoCómputo. En el caso de los RAEE como neveras, microondas, estufas, aires acondicionados son entregados al programa posconsumo de electrodomésticos RedVerde; los residuos de iluminación por lo general se entregan al programa Lúmina; y sólo un pequeño número de clínicas y hospitales mencionaron entregar sus RAEE biomédicos de mayor tamaño a la Unidad de Servicios Ambientales de Lito S.A.S encargada de la gestión integral de excedentes industriales y residuos peligrosos. El 11% de las instituciones informaron realizar remate de los equipos a través de sus distribuidores y Mercado Libre (empresa dedicada a la compra entre usuarios inscritos a su servicio de compras, ventas y pagos por Internet), sin embargo son ajenos a la información sobre el destino de los mismos una vez son

vendidos. Por último, sólo un 3% de las instituciones encuestadas tiene conocimiento de que sólo un pequeño número de sus RAEE generados son sometidos a procesos de reciclaje, así como también un 3% realiza la entrega de algunos RAEE al operador de aseo Triple AAA, lo cual evidencia la falta de conocimiento en cuanto los problemas ambientales que dichos residuos pueden generar.

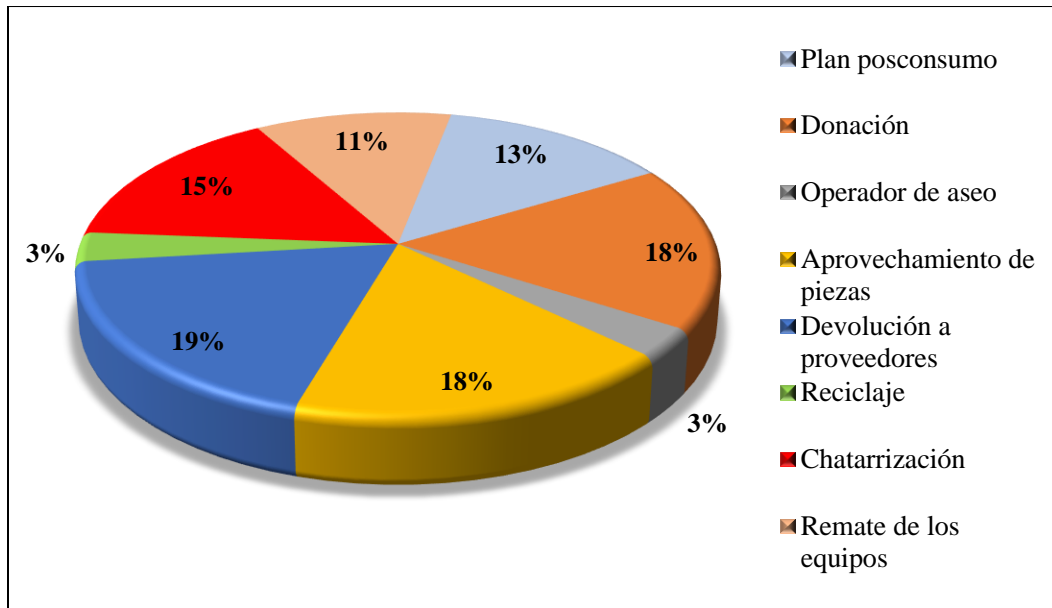


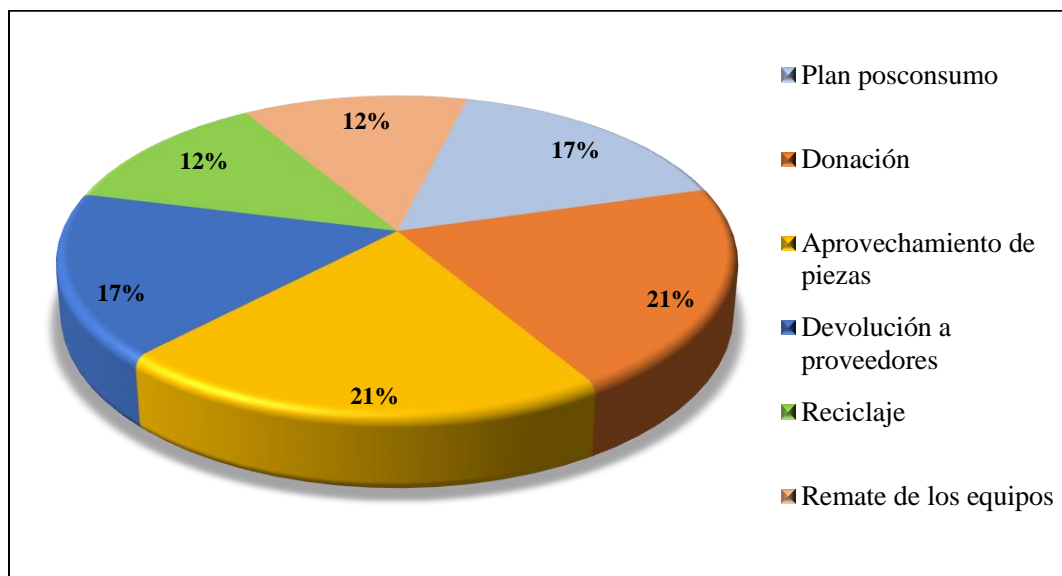
Figura 29. Tipo de disposición final de los RAEE en hospitales y clínicas.  
Fuente: Autores (2017).

En la figura 30 se muestra el tipo de disposición final que se le da a los RAEE generados en los centros odontológicos, donde se debe tener en cuenta que el 100% de los centros encuestados tanto odontológicos como oftalmológicos no contaban con algún tipo de área de gestión ambiental.

De esta manera, el 42% de los centros informaron que realizan procesos de donación (21%) y aprovechamiento de piezas (21%), en el caso del primero son enviados principalmente a universidades u otros centros odontológicos, el aprovechamiento de los componentes de los equipos son realizados por el propio personal de mantenimiento quien es el encargado de desembalar sólo los equipos biomédicos ya sea para el cambio de piezas dañadas o recuperación



de las que pueden ser reutilizadas, es decir recuperan las partes en buen estado de funcionamiento y reemplazan las piezas desgastadas o averiadas por unas nuevas para prolongar la vida útil del equipo, si bien les resulta mucho más económico repararlos que adquirir uno nuevo, lo anterior resulta algo preocupante ya que dichos procesos de desensamble son realizados dentro de las propias instalaciones de los centros, y se debe tener en cuenta que estos procesos se deben llevar a cabo en instalaciones que cuentan con la tecnología y procesos diseñados para tal fin; así mismo algunos de estos equipos son devueltos a los proveedores (17%) quienes realizan directamente la recolección; otro 17% afirma entregar sus residuos a Planes Posconsumo pero este sólo es utilizado para los residuos tecnológicos a través de EcoCómputo. El remate de los equipos (12%) lo realizan entregando los residuos a los distribuidores ya sea el equipo completo o partes del mismo, quienes se encargan de revender los mismos, de este modo la adquisición de nuevos equipos les resulta más económica para el centro de salud. El otro 12% de los centros mencionaron que realizan procesos de reciclaje, sin embargo, no tienen conocimiento de cuales componentes de los quipos dados de baja son sometidos a dicho proceso.

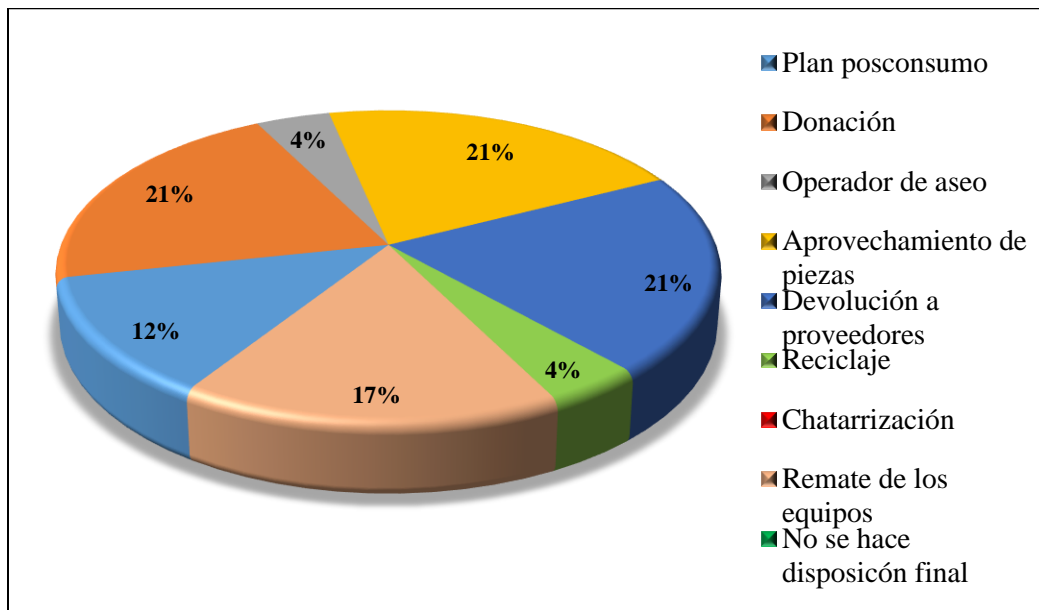


*Figura 30.* Tipo de disposición final de los RAEE en centros odontológicos.  
Fuente: Autores (2017). Adaptada de Velásquez (2016)

Con respecto a los centros oftalmológicos (figura 31) la situación es similar a la anterior en cuanto a los procesos de donación (21%) y aprovechamiento de piezas (21%), sin embargo, en este caso el personal entrevistado informó que la donación de los equipos biomédicos sólo se realiza a otros centros oftalmológicos a pesar de que estos mismos contienen partes que deben ser reparadas para el correcto funcionamiento del equipo; para que se puedan realizar procesos de aprovechamiento de las piezas, el equipo debe contener uno o más componentes que puedan ser aprovechados, para este fin los equipos son desensamblados con el mayor cuidado para evitar el daño de los componentes a ser reutilizados, y casi siempre este proceso es realizado por el ingeniero biomédico o el personal de mantenimiento, por lo general este proceso se realiza tanto a equipos biomédicos y no biomédicos, aprovechando partes como los ventiladores de las PC, unidad de discos, dispositivos de memoria, diferentes componentes electrónicos, etc. Que pueden ser utilizados otra vez para el mismo propósito sin pérdida funcional, de acuerdo a dicho personal las partes recuperadas son limpiadas o pintadas, ajustadas mecánicamente o electrónicamente, reconfiguradas y probadas para que cumplan con su función y con las expectativas estéticas similares a un modelo nuevo. La devolución a proveedores obtuvo el mismo porcentaje (21%) a los procesos anteriores, teniendo en cuenta que estos centros solo devuelven los equipos biomédicos dados de baja siempre cuando sus componentes electrónicos no puedan ser reparados. El 17 y 12% de los centros encuestados entregan sus RAEE a planes posconsumo y remate de los equipos, respectivamente, quienes mencionan que solo son enviados computadores, teclados, mouses e impresoras a través de EcoCómputo y cuando se acumula gran número de bombillas a través de Lúmina.

Por otro lado, es importante resaltar que algunos de estos residuos son entregados al operador de aseo encargado, ya que mencionan que al no contar con un área de almacenamiento se les es necesario deshacerse de los mismos para evitar que estos mismos se acumulen. Finalmente un

4% menciona realizar procesos de reciclaje que si bien es aplicado a aquellos equipos biomédicos de mayor tamaño.



*Figura 31.* Tipo de disposición final de los RAEE en centros oftalmológicos.  
Fuente: Autores (2017). Adaptada de Velásquez (2016)

A nivel general la figura 32 indica las diferentes alternativas que utilizan para la disposición final tanto de clínicas y hospitales, centros odontológicos y oftalmológicos:

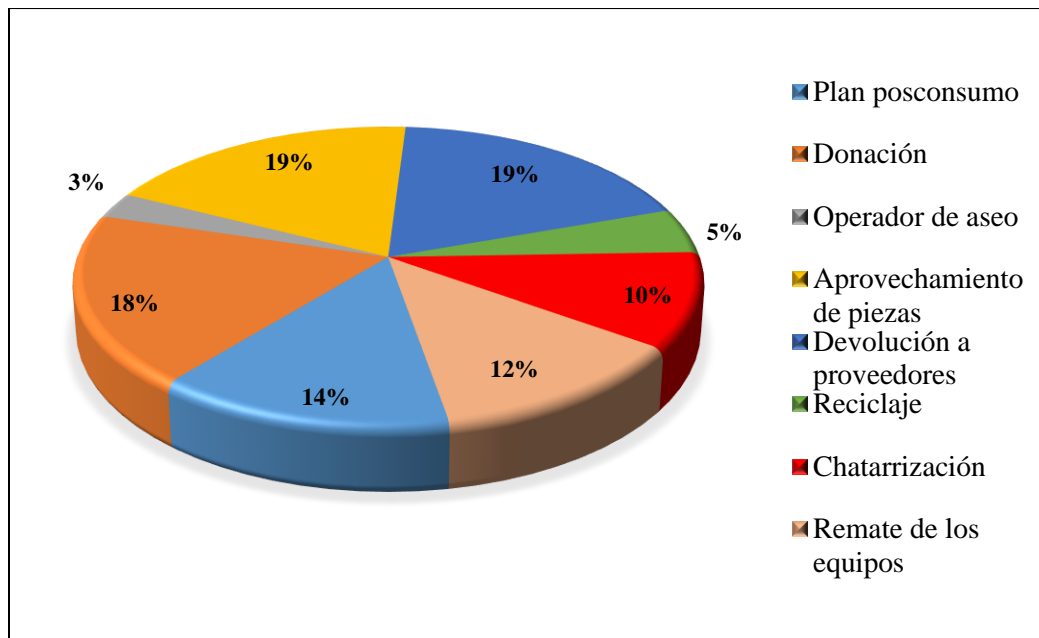


Figura 32. Tipo de disposición final en los centros (dato global).

Fuente: Autores (2017).

Se puede evidenciar que existe un mayor porcentaje de instituciones que realizan procesos aprovechamiento de piezas (19%), devolución a proveedores (19%) donación (18%), seguido de los Planes Posconsumo (14%) y remate de los equipos con 12%. Solo los equipos biomédicos son donados ya sea a otras instituciones de salud, universidades fundaciones; en el caso de los equipos de cómputo, son entregados al plan posconsumo EcoCómputo que los recibe gratuitamente y el programa los reacondiciona para alargar su vida útil y ser donados; los equipos que ya no se pueden reacondicionar, se entregan para disposición final a empresas autorizadas.

Es importante resaltar que varias instituciones sugirieron un plan posconsumo que reciban aquellos equipos biomédicos para no tener que dar tanto trámite para su disposición final, sin embargo de acuerdo a información suministrada por el personal entrevistado mencionan que al solicitar dicho proceso a través de los Planes posconsumo existentes, estos señalaron que no era viable si no tenían garantía de que los equipos estuvieran libres de patógenos, tal como lo menciona la resolución 1164 de 2002 en la clasificación de Residuo Infeccioso o Biológico, que

puede convertir un RAEE en peligroso si éste ha tenido contacto con microorganismos patógenos tales como bacterias, parásitos, virus, hongos, virus oncogénicos y recombinantes como sus toxinas, con el suficiente grado de virulencia y concentración que pueda producir una enfermedad infecciosa.

**Pregunta 13. ¿Qué equipos se encuentran actualmente almacenados y qué cantidad aproximada están destinados para su disposición final?**

Teniendo en cuenta que la cantidad y tipo de equipos almacenados difirieron en cuanto a si eran equipos biomédicos o no biomédicos, en la figura 33 se muestran las cantidades informadas por las instituciones con respecto a los RAEE de uso médico que se encontraban actualmente en el centro de acopio temporal. De esta manera, de acuerdo a la información recolectada en la encuesta, la mayoría de las instituciones (73%) informó que no contaban con ningún tipo de RAEE en el área de almacenamiento, mientras que el 20% reportó que tenían entre 1 a 40 equipos almacenados; por su parte un 7% menciona no tener conocimiento acerca de la cantidad de los RAEE dispuestos para ser entregados, valor sobre el cual influye la falta de estadísticas tal como mencionan dichas entidades, es decir que no cuentan con registro de inventario de RAEE para almacenaje. Dentro de los equipos mencionados se encuentran bombas de infusión, mezcladores de laboratorio, termómetros, microscopios, queratómetro, así como unidades odontológicas y compresores.

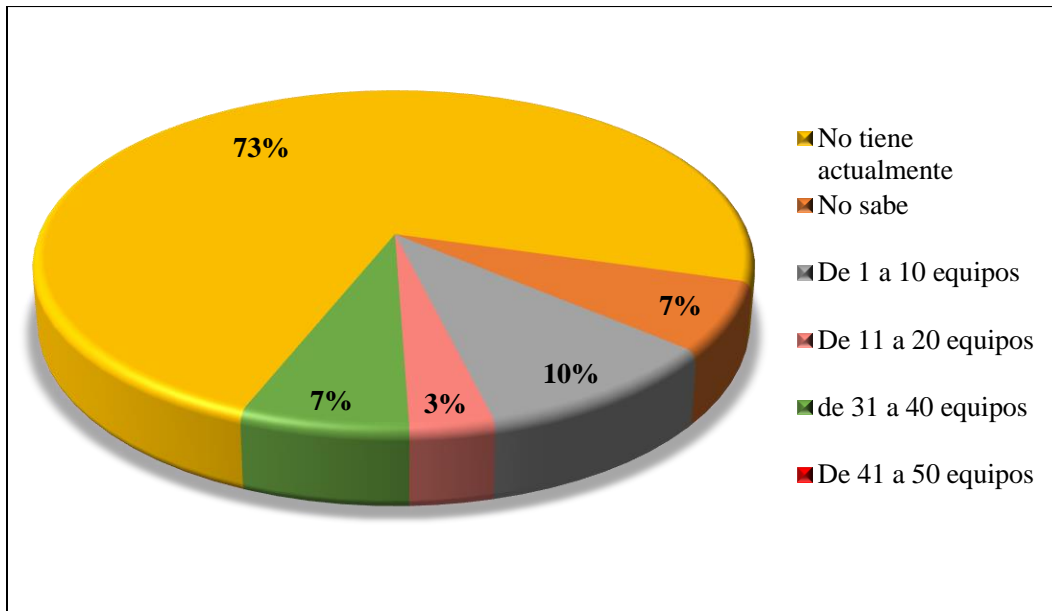
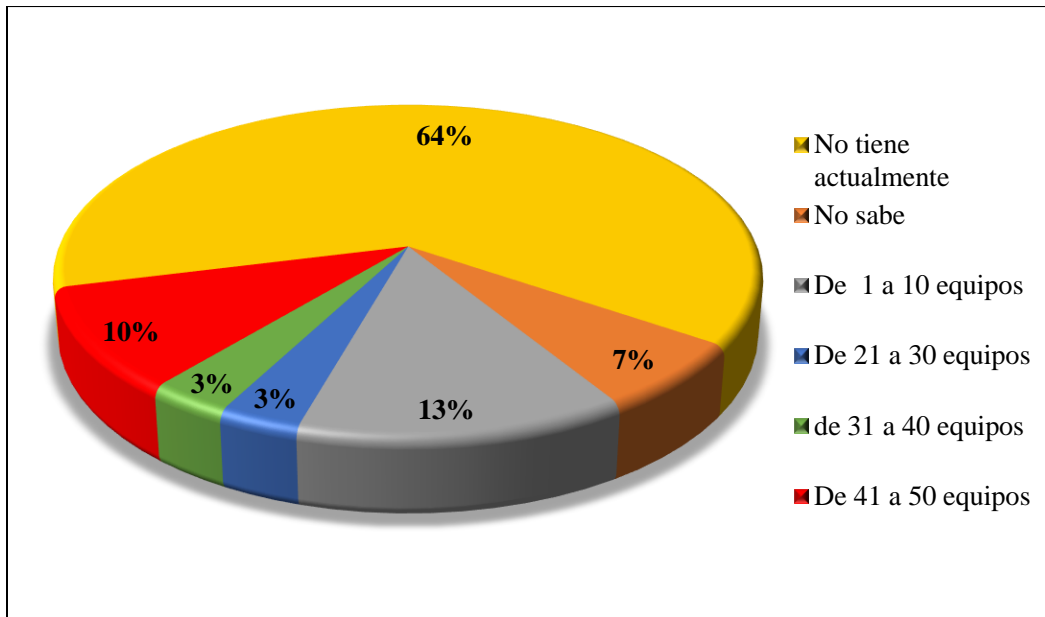


Figura 33. Cantidad de RAEE biomédicos almacenados.  
Fuente: Autores

Para el caso de los RAEE no biomédicos (figura 34), se presenta un mayor número de equipos almacenados, a pesar de que el 64% de las instituciones informó que no tenían ningún tipo de residuos RAEE en el área de almacenamiento temporal, el 36% mencionó que tenían en mayor medida desde residuos de computadores, teclados, CPU, aires acondicionados, paneles solares y lámpara de fluorescentes, siendo estas últimas de gran preocupación por la mayoría del personal entrevistado ya que por lo general se acumulan en cantidades que superan las 30 unidades y a menudo tienen que ser entregadas al operador de aseo Triple AAA lo que representa un riesgo para los trabajadores al momento de la respectiva recolección, aumentando así la posibilidad de que estos residuos ingresen a la corriente de los residuos sólidos y terminen en el relleno sanitario o en manos de un reciclador informal.



*Figura 34. Cantidad de RAEE no biomédicos almacenados.*

**Fuente:** Autores.

**Pregunta 14. A parte de los RAEE, ¿qué otro tipo de elementos que sean residuos sólidos, considera tiene dificultades para su disposición final?**

En la figura 35 se muestran 28 residuos sólidos mencionados por las instituciones entre clínicas y hospitales, centros odontológicos y oftalmológicos, que han tenido algún tipo de dificultad en cuanto a la disposición final de los mismos:

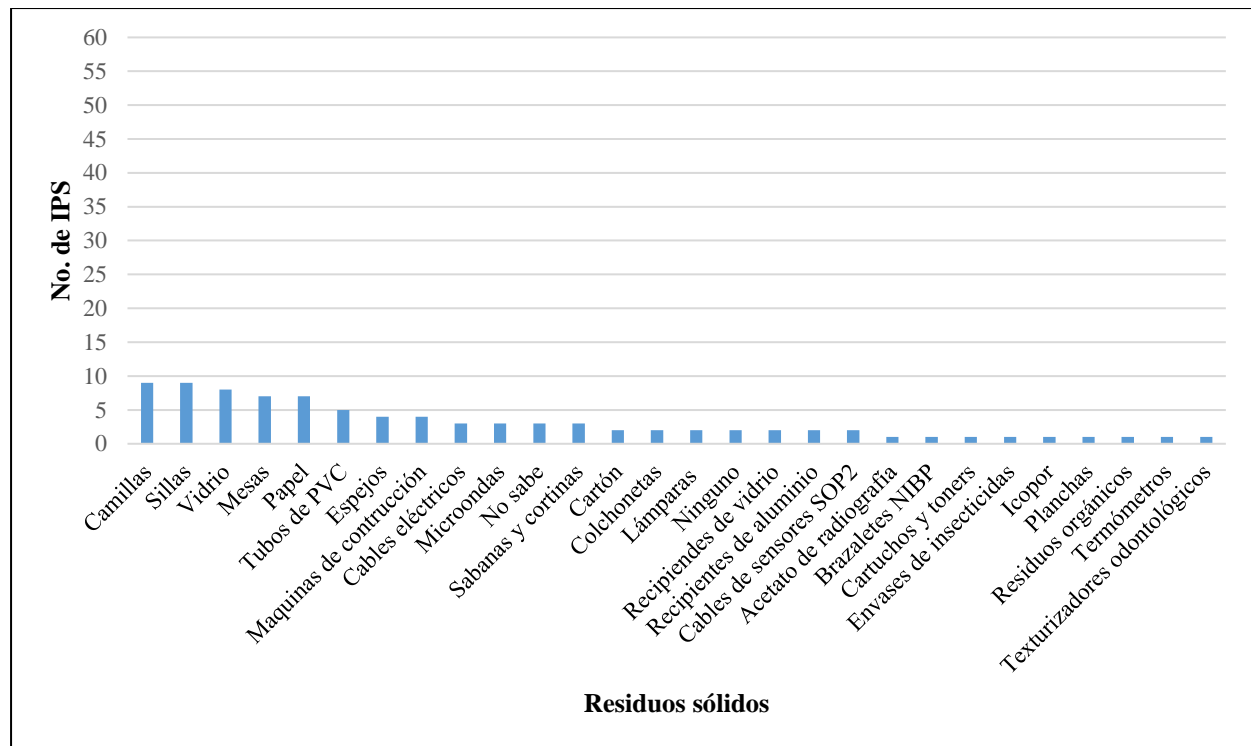


Figura 35. Residuos sólidos que consideran las IPS tienen dificultades para su disposición final.

Fuente: Autores

La mayoría de las instituciones reportaron haber tenido dificultades con algún tipo de residuo sólido, dentro de los cuales mencionan algunos RAEE como microondas, maquinas eléctricas de construcción y planchas, por lo que se puede inferir que estos son dispuestos como residuos sólidos sin tener en cuenta su peligrosidad. A partir de la figura 33 se evidencia la falta de conocimiento en cuanto a la correcta disposición de algunos residuos sean RAEE o no, en mayor cantidad: camillas, sillas para sala de espera, vidrio, escritorio y papel, así mismo el personal entrevistado mencionó no conocer maneras de realizarles algún tipo de aprovechamiento. Por otro lado, mencionan algunos inconvenientes como los gestores de RAEE no reciben tales residuos ya que no son los encargados para la disposición final de los mismos, lo cual es un panorama similar al que presentan algunas instituciones de salud en la ciudad de Bogotá, quienes mencionaron haber tenido dificultades para su gestión y/o disposición final de residuos como



equipos de lámparas de fotocurado dañadas, acetatos de radiografías digitales, cartuchos y tóners, etc. (Díaz, 2016).

Otro factor que influye en la disposición final de estos residuos son la cantidad a entregar, debido a que si es muy mínima, muchas veces no son recibidos por el gestor externo, lo que aumentan la acumulación de RAEE en los centros de acopio temporal de las instituciones; para el caso de los equipos biomédicos estos deben desinfectarse, de lo contrario no los reciben, y se debe hacer la desactivación en la misma entidad médica. Así como también, mencionan altos costos de disposición, donde hacen alusión a que sería importante dar responsabilidad a los fabricantes puesto que deberían ser quienes recolecten los mismos.

**Pregunta 15. ¿Qué otros tipos de equipos considera usted que podrían ser gestionados como RAEE dentro de los planes posconsumo?**

En las respuestas de esta pregunta, aunque el 14% de las instituciones entrevistadas (figura 32) menciona conocer y disponer una parte de sus RAEE generados a través de planes posconsumo, se evidenció poco conocimiento sobre los mismos, ya que solo conocen aquellos planes de entrega de equipos de cómputo, luminaria y en menor medida de algunos electrodomésticos. Además, varias instituciones no saben que otro tipo de residuos puede ser gestionado como RAEE dentro de algún plan posconsumo, por lo que su respuesta a esta pregunta fue ninguno. Incluso se mencionan residuos como camillas, sillas de ruedas, escritorios, cables y vidrio.

Ahora bien, aquellas instituciones quienes conocen los planes posconsumo mencionan como sugerencia que deberían existir planes posconsumo específicos para instituciones prestadoras de salud donde se pueda soportar la entrega y demostrar ante la autoridad ambiental la devolución pertinente de los equipos, principalmente para los RAEE biomédicos generados.

## **8.2 Nivel de cumplimiento sobre la normatividad competente a la temática de los RAEE**

A través de la Ley 1672 del 19 de julio de 2013 se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) que son generados en todo el territorio Colombiano. Estos deben tener un manejo distintito al demás tipo de residuos teniendo en cuenta las directrices establecidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, las cuales prohíben su disposición final en los rellenos sanitarios y los restringe a rellenos de seguridad, para que sean retomados por los productores de aparatos eléctricos y electrónicos, mediante sistemas de recolección y de gestión ambientalmente segura.

Dentro del artículo 3° de la presente ley se dictan nueve principios rectores, que van desde la responsabilidad extendida del productor, la participación activa, la creación de estímulos, la descentralización, la innovación, ciencia y tecnología, la gradualidad, el ciclo de vida del producto, la producción y consumo sostenible y por último, el principio de prevención.

Es importante mencionar que, tal como se evidenció en la presente investigación, la responsabilidad extendida del productor, juega un papel crucial al momento de disponer los RAEE generados, si bien estos deben ser los encargados de la recolección y disposición de los mismos, (ya sea de manera directa o a través de terceros), pues es el deber que tiene el productor de aparatos eléctricos y electrónicos, a lo largo de las diferentes etapas del ciclo de vida del equipo. Para el caso de los comercializadores, se establece que deben brindar apoyo técnico y logístico al productor, en la recolección y gestión ambientalmente segura de los residuos e este tipo. Igualmente existen obligaciones para el consumidor dentro de los cuales se encuentran:

- Entregar los RAEE en los sitios dispuestos por los productores o terceros que actúen en su nombre.

- Asumir su corresponsabilidad social con una gestión integral de RAEE, a través de la devolución de estos de manera voluntaria y responsable de acuerdo con las disposiciones que se establezcan para dicho fin.

La ley 1672 de 2013, solicita en su artículo 8° la elaboración de diagnósticos respecto al comportamiento de este tipo de residuos con el fin de establecer las características, zonificación y el flujo de los mismos, por tal motivo se espera que esta investigación contribuya para tal fin.

Para fortalecer la normativa respecto a este tipo de residuos, mediante la presente ley se creó la Política Nacional de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) a través del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, esta política trabaja transversalmente con los diferentes sectores involucrados desde consumidores, productores y gestores externos con licencia ambiental. Es importante que estos conozcan y apliquen el flujo de decisiones y procesos que permitan prevenir y reducir la generación de los RAEE, extendiendo la vida útil de los AEE, por ende en la figura 36 se muestra una serie de etapas que involucran a cada uno de los actores antes mencionados, para luego realizar la gestión ambientalmente adecuada de los residuos:

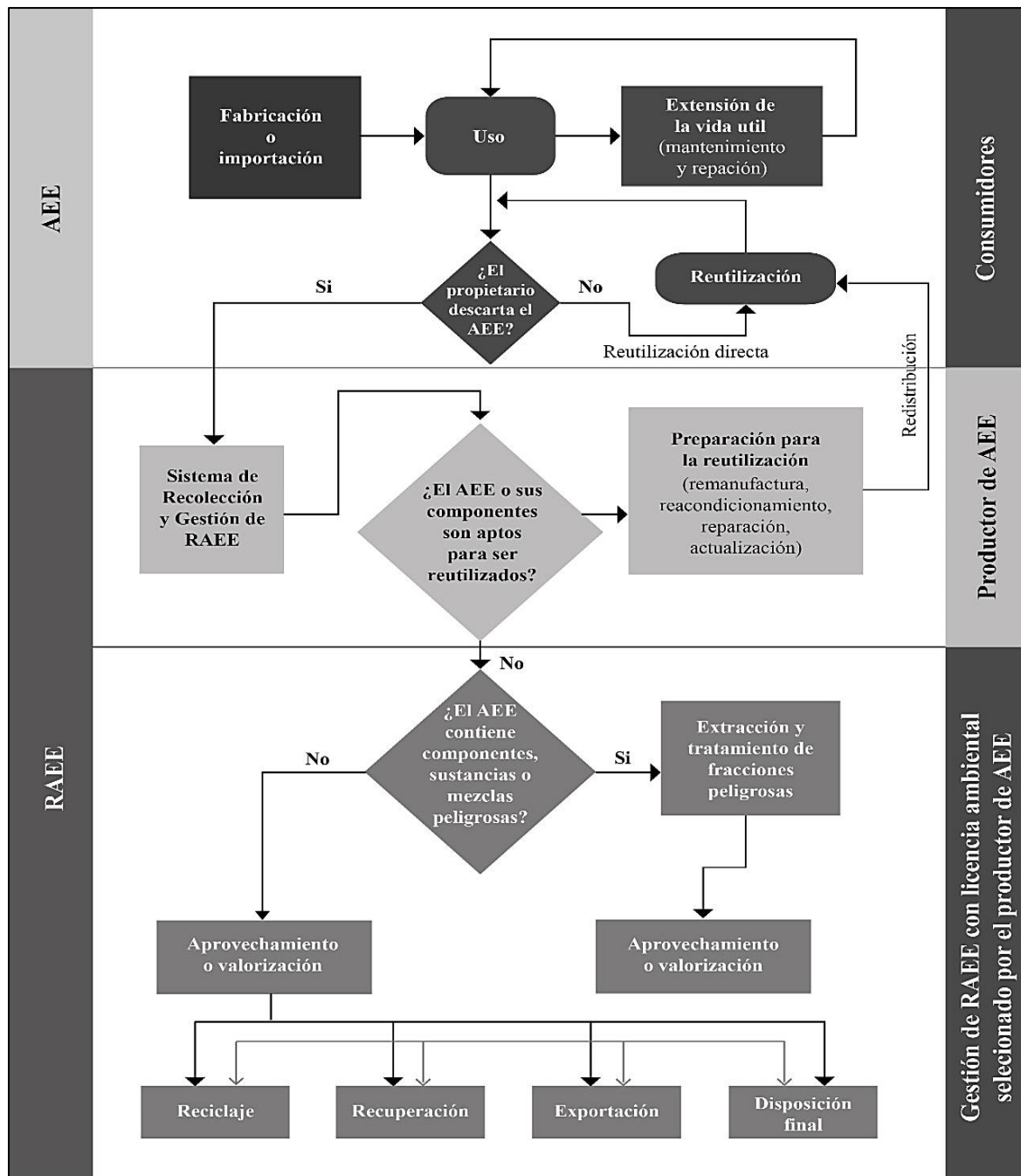


Figura 36. Flujograma de decisiones y actores de la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en Colombia.

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MINAMBIENTE] (2017).

Esta Política promueve la adopción de sistemas de retorno de productos posconsumo a cargo de los fabricantes e importadores y la conformación de sinergias entre generadores y gestores de Respel con el fin de lograr el manejo adecuado de los residuos provenientes de las actividades de

consumo. De este modo, existen casos de algunos programas posconsumo en el país, sin embargo, solo tienen cobertura geográfica en algunas ciudades, quedando sin atención los medianos y pequeños municipios. De esta forma, la falta de estrategias de algunos de los productores que involucren a las autoridades ambientales y las administraciones municipales y que faciliten la recolección, dificulta aumentar la población atendida e incrementar la tasa de recolección de los RAEE producidos (Piñeros & Serrano, 2017).

Dentro de los programas posconsumo existentes se encuentran: “Pilas con el ambiente”, un programa basado en la recolección de pilas usadas para darle una correcta disposición final y de esta manera ser responsable con el medio ambiente. Por otro lado, empresas como ECOCOMPUTO no solo se están enfocando en la recolección de RAEE sino también en abrir espacios para la gestión integral de estos aparatos permitiendo a su vez que las personas hagan uso adecuado de los residuos tecnológicos y contribuyan con el cuidado del planeta. Entre otras iniciativas que han recolectado y gestionado RAEE se destaca el Programa Computadores para Educar (CPE) del Gobierno Nacional, que desde el 2000 y hasta el 2013, según cifras reportadas por el mismo programa, se recogieron y reacondicionaron 194000 equipos (3.880 toneladas) para las escuelas y colegios públicos del país y desde el 2007 al 2014, a través de su Centro Nacional de Aprovechamiento de Residuos Electrónicos (CENARE), ha gestionado cerca de 3.925 toneladas de residuos de computadores y periféricos procedentes de todo el país (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MINAMBIENTE], 2017).

Ahora bien, de acuerdo a los resultados obtenidos y teniendo en cuenta la información anterior, fue posible evidenciar el poco cumplimiento normativo que existe en la gestión integrada de los RAEE generados por parte de las IPS de la ciudad de Barranquilla. Lo anterior se ve reflejado en primer lugar, en el incumplimiento de proveedores y comercializadores, que si bien tienen obligaciones legales frente al manejo de este tipo de residuos, sin embargo no le

brindan a estas entidades espacios para la recolección de los RAEE que ya estén dispuestos para su disposición final o no le proporcionan la información necesaria acerca de las sustancias peligrosas que estos contienen y sobre su correcta devolución al final de su vida útil, con el fin de prevenir y reducir los riesgos para la salud humana y para el ambiente, lo que conlleva a que estas dispongan estos residuos de manera incorrecta, ya sea a través del operador de aseo de la ciudad o mediante el reciclaje informal.

Por su parte, aunque la Ley 1672 establece que el usuario debe asumir una corresponsabilidad social para el adecuado manejo de estos residuos, se pudo evidenciar el poco interés tanto técnico como administrativo por parte de las IPS para gestionar correctamente los RAEE, principalmente en que muchas de estas no cuentan con un centro de acopio lo que genera no sólo rotura o rompimiento de los mismos, sino exceso de apilamiento, emisión de sustancias o pérdida de materiales, entre otros. Conllevando así a que no se puedan realizar procesos de reciclaje o reutilización de los mismos.

### **8.3 Recomendaciones para el adecuado manejo interno de los residuos biomédicos y no biomédicos tipo RAEE de las IPS en la ciudad de Barranquilla.**

Como estrategias para mejorar la gestión integral de los RAEE en las IPS de Barranquilla, se recomienda que las instituciones prestadoras del servicio de salud capaciten frecuentemente a todo el personal acerca de los aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión eficiente de los residuos generados por estos equipos. Así mismo, el personal de aseo debe trabajar en conjunto con el área encargada de realizar el reporte de inventario de los AEE, con el fin de darle un manejo adecuado y una correcta disposición final, teniendo en cuenta las características particulares de cada uno.

Es importante también que se fomente la creación de planes posconsumo para entidades e instituciones prestadoras del servicio de salud que generan RAEE de tipo biomédico, con la

ayuda de los entes del Estado como las autoridades ambientales como la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales [ANLA] y organizaciones de comercio como la Asociación Nacional de Empresarios [ANDI] y el sector educativo, de tal forma que existan empresas encargadas de recibir únicamente este tipo de residuos hospitalarios.

Así mismo, es necesario que los fabricantes conozcan a detalle los componentes de cada equipo biomédico tipo AEE y replanteen el diseño de los mismos con el fin de reemplazarlos y de esta manera en el mercado aparatos ecológicos. De la misma manera, el sector privado y el estado, deben promover alternativas de aprovechamiento que favorezcan a las entidades e instituciones prestadoras del servicio de salud para que los RAEE generados sean entregados sin dificultades. Es decir, que los residuos de estos AEE al cumplir con el ciclo de vida útil sean devueltos al mismo fabricante o proveedor para su reúso o reciclaje controlado por la autoridad correspondiente, y así darles una mejor disposición final a éstos aparatos previniendo el deterioro de la salud y el ambiente.

De igual forma, se recomienda fortalecer e integrar dentro de la política nacional a todos los actores que hacen parte de la cadena de gestión de RAEE. Con lo anterior, se busca de identificar las falencias que se presentan desde el inicio de la misma para que se puedan proponer soluciones que permitan el control y minimización de estos residuos.

Finalmente, para mejorar la gestión integral de RAEE también es importante promover más campañas o programas de sensibilización y educación ambiental no sólo en las escuelas e instituciones de educación superior, sino también en las entidades prestadoras del servicio de salud, con el fin de generar un cambio de pensamiento orientado hacia la producción y consumo responsable de RAEE, incluyendo los de tipo biomédico.

## 9. Conclusiones

✓ De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio se reportaron que los residuos de mayor generación fueron de cómputo y periférico, aparatos con monitores y pantallas, así como las lámparas y aparatos de alumbrado; por su parte los RAEE biomédicos reportaron una menor generación debido a que estos poseen un mayor ciclo de vida útil.

✓ Se evidenció que algunas de las personas no tenían los fundamentos en la temática de RAEE, por tal motivo, limitó algunas respuestas especialmente en las relacionadas con la cantidad generada de este tipo de residuos. Ahora bien, el 50% de las instituciones encuestadas generan en aproximadamente más de 150 kg de estos residuos por año, seguido de un 22 y 21% que generan entre 41 a 60 y 121 a 150 kg/año, respectivamente, por tal razón resulta importante que estos cuenten con el manejo adecuado, siendo el almacenamiento temporal un factor clave para tal fin. En este sentido, y de acuerdo a los datos obtenidos, a pesar de que el 60% de las instituciones contaban con un centro de acopio, estos no cumplían con los requisitos técnicos básicos, lo cual aumentaba la posibilidad de daños hacia los equipos o colocaban en riesgo la salud de los trabajos involucrados. Así mismo, muchos de estos residuos no eran almacenados en las mejores condiciones siendo apilados uno tras otro.

✓ Cabe mencionar que la mayoría de las instituciones reportó haber tenido uno o más inconvenientes con estos RAEE ya sea por el transporte interno de los mismos por su gran tamaño, por la gran cantidad de residuos generados debido al poco espacio de almacenamiento o por la fragilidad de los mismos, ya que si sufren algún tipo de accidentes muchas veces no son aceptados por el gestor externo o en algún plan posconsumo.

✓ Según los resultados obtenidos se evidenció el incumplimiento de la normatividad correspondiente y un mal manejo de estos residuos; si bien existen falencias desde la generación



de los mismos hasta la toma de decisiones al momento de disponerlos como RAEE lo cual es el reflejo del escaso interés y responsabilidad social para realizarle una adecuada gestión a los mismos.

## 10. Recomendaciones

Teniendo en cuenta los resultados de esta investigación se recomienda:

- ✓ Seguir realizando estudios acerca de los RAEE de tipo biomédico presentes en las instituciones prestadoras de salud con el fin de orientar políticas, planes y normativas encaminadas a la correcta gestión de estos residuos.
- ✓ Plantear la posibilidad de que las investigaciones futuras utilicen otro tipo de metodologías y/o herramientas, de tal forma que se pueda aumentar la población de estudio y así realizar un diagnóstico más amplio de la problemática de RAEE en los centros de atención médica.
- ✓ Continuar investigando sobre la generación de los residuos de AEE no sólo en la ciudad de Barranquilla sino en todas las zonas del país con el propósito de comparar los resultados con los obtenidos en este trabajo.
- ✓ Finalmente, se recomienda realizar un seguimiento por parte de las autoridades ambientales correspondientes a las clínicas, hospitales y demás centros de atención médica de la ciudad para que estas soliciten la mejora de las condiciones, tipos de almacenamiento e infraestructura de los centros de acopio, de tal forma que estos cumplan con los requisitos establecidos en los lineamientos técnicos.

### Referencias

- Acosta M. A. (2009). *UNOMO: UNIDAD ODONTOLÓGICA MOVIL*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO. Bogotá D.C.
- Agencias para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSDR], (2011). RESUMEN DE SALUD PÚBLICA Asbesto CASO: 1332-21-4. Recuperado de: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs61.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs61.pdf)
- Agudelo E. & Zapata M. C. (2018). MANUAL DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS BIOMÉDICOS PARA INSTITUCIONES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE SALUD DE SEGUNDO NIVEL DE ATENCIÓN 2018. Gobernación de Antioquia. Colombia.
- Agudelo M. I. (2013). *APLICACIONES DE ECOLOGÍA INDUSTRIAL EN LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS*. Barcelona, España.
- Alarcón L. R. (2004). *Manual de Practicas de Microbiología I y II y Parasitología*. Universidad Autónoma de Ciudad de Juárez, México. pp 10.
- Alcaldía Distrital de Barranquilla (2016). Plan de Desarrollo 2016-2019. Recuperado de: [https://camacol.co/sites/default/files/BARRANQUILLA\\_Articulado\\_PDB\\_05-ABRIL-2016\\_IMPRESION\\_CONCEJO.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/BARRANQUILLA_Articulado_PDB_05-ABRIL-2016_IMPRESION_CONCEJO.pdf)
- Álvarez R. A. (2017). Centrífugas y otros productos de laboratorio. Recuperado de: <https://ortoalresa.com/wp-content/uploads/2018/04/catalogo2018.pdf>
- Alvia K. (2015). ENTRENAMIENTO EN BOMBAS DE INFUSIÓN. Hospital General Napoleón Dávila Córdoba. Revisión 1, HGNDG-GC: PCE.
- American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus (2018). Retinoscopía. Recuperado de: <https://www.aapos.org/es/terms/conditions/95>
- Angulo, A. L. & Romero, R. M. (2006). Análisis de alternativas para el manejo de lámparas fluorescentes de tubo desechadas. Bogotá, D.C.: Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Colombia.
- Artaraz M. M., Forcada J. S. & García O. A. (Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea La gestión de los residuos municipales en España: ¿vamos por el buen camino? Revista Española de Control Externo. España.
- Ávila R. & Jaramillo J. F. (2013). *RECOMENDACIONES PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS DE APARATOS ELECTRICOS Y ELECTRONICOS - RAEE EN COLOMBIA: EL CASO BOGOTÁ, MEDELLÍN, CALI Y BARRANQUILLA*. Pontificia Universidad Javeriana. Cartagena de Indias, D.T. y C.
- Awasthi, A. K. and Li, J. (2017). Management of electrical and electronic waste: A comparative evaluation of China and India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 76 (C), 434-447.

- Ayala C. A. (2017). PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA RECUPERACIÓN DE LAS PILAS ALCALINAS Y ZINC-CARBONO. UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA.
- Baldé, C.P., Forti V., Gray, V., Kuehr, R. & Stegmann, P. (2017). The Global E-waste Monitor – 2017, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna.
- Baldé, C.P., Wang, F., Kuehr, R., Huisman, J. (2015). *The global e-waste monitor-2014*, United Nations University, IAS – SCYCLE, Bonn, Germany.
- Barboza, C., & Caballero, S. (2012). Evaluación del impacto de los residuos tecnológicos generados por las universidades de Cali y sus estudiantes. Trabajo de grado, Universidad ICESI.
- Bernatene, M. del R., P. Ungaro, J. Caló, A. Míguez, L. Beducci, C. Tapia, M. Aguyaro, Sofía Dalponte, L. Torres. (2013). *Diseño de productos en la historia: tensiómetros*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA. Buenos Aires, Argentina. Material publicado en el boletín informativo digital. Ciclo 2013.
- Bondia J. R. (2014). Eliminación de contaminantes emergentes mediante Humedales Artificiales como sistema alternativo o complementario a un tratamiento de aguas convencional. Universidad Politécnica de Valencia.
- Calderón C., B. Gonzáles, E. Gonzáles, A. Gonzáles, D. Gutiérrez, C. Moreno, L. Moya, M. Portolés, B. Santiago & J. Vasallo (2010). *Odontobook, Guía práctica de odontología*. Universidad Rey Juan Carlos. Madrid, España.
- Campos-Cantón, I., Martínez Garza, L. A., Vinaja Nuño, V., & Rodríguez López, P. C. (2006). Instrumentación virtual de un pulsioxímetro. *Revista mexicana de física*, 52(5), 474-478.
- Carrión C. (2007). IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE ANALISIS DE LUBRICANTES UTILIZANDO SOFTWARE OILVIEW Y LABORATORIO DE ANALISIS MINILAB EN CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA ARAUCO. Universidad del Boi-Bio. Red de Biblioteca. Chile
- Casas I. (2018). *Análisis de la vinculación de actores informales al Sistema de gestión integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Bogotá D.C.* Universidad Nacional de Colombia.
- Castrillón B., Ajito E., Barrios A., Solórzano E., Tarrillo J. (2005). Burbuja Artificial Neonatal (BAN). II Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica, Bogotá.
- Castro J. & Días M. (2004). La contaminación por pilas y baterías en México. *Gaceta Ecológica* ISSN: 1405-2849. México D. F.
- Chancerel, P., Meskers, C.E.M., Hageluen, C., & Rotter, V.S. (2009). *Assessment of precious metal flows during preprocessing of waste electrical and electronic equipment*. *Journal of Industrial Ecology*, 13(5), 791-810
- Chaple A. M. G., Ojeda Y. M. & Álvarez J. R. (2016). *Evolución histórica de las lámparas de foto polimerización*. *Revista Habanera de Ciencias Médicas* 2016; 15(1):8-16

- Chartier C. C. (2013). *Seminario Localizadores Apicales*. Universidad de Valparaíso, Chile.
- Curtis H. & Schnek A. (2006). *Invitación a la Biología*. Universidad de Buenos Aires, Argentina. Edit. Médica Panamericana. 6ta Edición, pp 32.
- D'Este J.P. (2001). *Vaporizadores*. Societat Catalana d'Anestesiologia, Reanimació i Terapèutica del Dolor (SCARTD), Barcelona. pp 1.
- Dávila H. O. (2007). *DESARROLLO DE UN CONTROL DIGITAL PARA UNA CENTRIFUGA DE ANÁLISIS CLÍNICO*. Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica. Universidad Ricardo Palma, Perú.
- De Oliveira, C. R., Bernardes, A. M., & Gerbase, A. E. (2012). Collection and recycling of electronic scrap: A worldwide overview and comparison with the Brazilian situation. *Waste Management*, 32(8), 1592-1610.
- De Urquijo J. (2014). Hexafluoruro de azufre: El mejor aislante gaseoso y el peor gas invernadero. Universidad Nacional Autónoma de México Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos. México D. F.
- Del Valle E. M. (2017). *La Responsabilidad Extendida del Productor y los programas posconsumo en Colombia*. Primera Edición. Bogota D. C., Edit. Universidad Del Rosario.
- Dias P., Machado A., N. Huda & A. Moura Bernardes, (2018). *Waste electric and electronic equipment (WEEE) management: A study on the Brazilian recycling routes*. *Journal of Cleaner Production* 174 (2018) 7-16
- Díaz C. (2016). APORTES AL DESARROLLO SOSTENIBLE DESDE LA IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS DE APARATOS ELECTRICOS Y ELECTRÓNICOS HOSPITALARIOS EN 24 HOSPITALES DE BOGOTÁ, COLOMBIA. Universidad de Manizales. Bogotá, Colombia.
- Díaz C. (2017). Aportes al desarrollo sostenible desde la identificación de la problemática de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos hospitalarios en 24 hospitales de Bogotá-Colombia.
- Díaz, F. J., Ambrosi, V. M., Castro, N., Candia, D., Vega, E., & Rodríguez, A. S. (2016). TIC Sostenibles para la educación y concienciación. In XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, WICC, Argentina.
- Djalma P. J. & Zanello J. D. (2005). *EL ULTRASONIDO EN LA ODONTOLOGÍA*. Universidad Evangélica de El Salvador.
- Donoso F., (2003). *Equipos de rayos X y su funcionamiento*. Recuperado de Biblioteca Virtual Universal: <http://www.fcs.uner.edu.ar/libros/archivos/ebooks/Otros/EquipoRx.pdf>
- Dozo C. (2000). *Terapéutica eléctrica en el soporte vital avanzado. Desfibrilación, cardioversión y marcapasos en la emergencia*. Federación Argentina de Cardiología, Argentina.
- Durán K. (2012). MÉTODOS DE ADMINISTRACION, SISTEMAS DE INFUSIÓN E IMPLEMENTOS NECESARIOS PARA SUMINISTRAR NUTRICIÓN ENTERAL DOMICILIARIA. *Revista Gastrohnp*. Año 2012 Volumen 14 Número 3: 128-133

- Durban J. F. (2014). Práctica 10. Queratometría. Topografía corneal. Queratometría (Javal y Helmholtz) y topografía corneal. Recuperado de:  
<http://www.ugr.es/~kogin/PowerPoint/habilidades/14%20Queratometría.pdf>
- Echazú, R., & Cadena, C. (2012). Medida en laboratorio de la emisión UV emitida por lámparas fluorescentes compactas, Salta, República de Argentina: Asades Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente.
- Echeverría Pardo, C. A. (2016). Gestión posconsumo para Mipymes distribuidoras de equipos electrónicos.
- Fonseca S. E., Herrero T. C. & Villalta R. A. (2017). INCUBADORA AUTOMÁTICA DE HUEVOS DE AVES DE CORRAL, CON CAPACIDAD DE 100 HUEVOS, NATALIDAD DEL 70%, MONITOREO REMOTO Y DE BAJO COSTO. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima Perú.
- Fuentes-Gandara F, Pinedo-Hernández J, Marrugo-Negrete J (2018a) Metales pesados en especies ícticas de la ciénaga de Mallorquín, Colombia. *Espacios* 39(3),1–12
- Fuentes-Gandara, F., Herrera-Herrera, C., Pinedo-Hernández, J., Marrugo-Negrete, J., & Díez, S. (2018b). Assessment of human health risk associated with methylmercury in the imported fish marketed in the Caribbean. *Environmental research*, 165, 324-329.
- G. E. Aguilar, J. F. Hernández & C. H. León. (2013). *GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS EN EL MUNICIPIO DE GUATAPÉ. CORPORACIÓN UNIVERSITARIA LA SALLISTA*. Caldas, Colombia.
- G. Molina V. (2016). Instrumentos técnicos: Balanzas. Recuperado de:  
[https://www.myminstrumentostecnicos.com/sitio/contenidos\\_mo\\_izquierda.php?it=1876](https://www.myminstrumentostecnicos.com/sitio/contenidos_mo_izquierda.php?it=1876)
- Gagliano, V.; Jiménez, L. & Aponte, R. (2015). Efectividad de los localizadores electrónicos en la determinación de la longitud de trabajo y ubicación de la constricción apical. (Estudio in vitro). Volumen 53, No. 2, 2015.
- Gallardo C. (2017). Ultrasonido y otras tecnologías que facilitan el proceso de la Endodoncia. Recuperado de: <https://info-cientifica.com/2017/11/08/ultrasonido-y-otras-tecnologias-que-facilitan-el-proceso-de-la-endodoncia/>
- Gama M. F., 2004. Biología: Biogénesis y Microorganismos. 2da Edición. Edit. Pearson, pp 33-34.
- Garay J. M. (2017). Manejo de Equipos e Instrumental Odontológico. Unidad Dental.
- García A., B. Guisado & J. J. Montalvo (2003). *Riesgos y complicaciones de anestesia local en la consulta dental. Estado actual*. RCOE vol.8 no.1 ene./feb. 2003. Madrid, España.
- García I. A. (2017). Fichas Técnicas, Lámparas.
- García T. M. & López D. Z. (2013). Métodos de esterilización. Universidad Virtual de Salud. Recuperado de: <http://uvsfajardo.sld.cu/tema-7-metodos-de-esterilizacion>
- García V. (2004). *INTRODUCCIÓN A LA MICROBIOLOGÍA*. Edit. UENED. Universidad Estatal a Distancia. 2da Edición, pp 24.

- Garzón J. N. (2017). Estabilidad rotacional y caracterización visual de lentes tóricas intraoculares monofocales y multifocales. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.
- Gay M. M. & Serrano O. G. (2003). LOCALIZADORES APICALES EN ENDODONCIA. Universidad de Santo Tomás. USTASALUD 2003; 1:33-41.
- Gómez C. T. & Arismendi J. E. (2010). *ESTUDIO DEL DESEMPEÑO PRECLÍNICO Y CLÍNICO DE UNA AMALGAMA DENTAL COMERCIAL*. Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia - Vol. 22 N. ° 1 - Segundo semestre, 2010
- Gómez M. (2010). Posibilidades de tratamiento de residuos de pilas y baterías. Décimo Congreso Nacional de Medio Ambiente.
- González A. Q. & F. Acuña (2000). *Casos de estudio de termodinámica: Solución mediante el uso de ASPENHYSYS*. Edit. Universidad del Norte, pp. 75.
- González D. (2017). Diferencias Entre Tensiómetro De Brazo Y Tensiómetro De Muñeca. Recuperado de: <https://www.euronics.es/blog/diferencias-entre-tensiometro-de-brazo-y-tensiometro-de-muneca/>
- González M. et. al., (2014). Efectos sobre la salud del Metilmercurio en niños y adultos; estudios nacionales e internacionales Nutra Host. 2014;30(5):989-1007 ISSN 0212-1611 • CODEN NUHOEQ S.V.R. 318
- González T. M., C. Gutiérrez M., M. M. Pérez, Marta M. & B. Soto G. (2017). *Resultados de un proceso de reutilización de RAEE: EcoRae. Impacto ambiental de un proceso de reutilización de RAEE*. Universidad de Vigo. España.
- Greenpeace Argentina, (2010). *Componentes Tóxicos*. Obtenido de <http://www.greenpeace.org/argentina/es/campanas/contaminacion/basuraelectronica/Componentes-Toxicos/>
- Gutiérrez L. J. (2008). DIAGNOSTICO DE LA GENERACIÓN Y ALTERNATIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LOS CARTUCHOS DE TINTA Y DE TONER USADOS, DE IMPRESORAS Y FOTOCOPIADORAS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C. Universidad de la Salle Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Bogotá D.C.
- Hannequart J. P. (2003). La gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Asociación de Ciudades y Regiones para el Reciclaje [ACRR]. Guía dirigida a Autoridades Locales y Regionales. Reporte final, Bélgica.
- Henao D. (2018). Instrumental Rotatorio en Odontología. Recuperado de: <https://encolombia.com/medicina-odontologia/odontologia/instrumental-rotatorio-en-odontologia/>
- Hernández R., Fernández C. & Baptista P. (2014). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill. 6ta Edición.
- Hernández V. (2015). *Lineamientos para la disposición de equipos biomédicos luego del proceso de baja en instituciones prestadoras de servicios de salud de alta complejidad en Bogotá D.C.* Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.

- Herranz M. (2018). Retinoscopía. Recuperado de:  
<http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/optometria/retinoscopia.pdf>
- Herrera C. O. (2018). IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO A LA EMPRESA ELECTROAUTOMATISMOS.ST, PARA LOS EQUIPOS BIOMEDICOS A SU CARGO. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Ocaña, Colombia.
- Hopson, E. & Pucket, J. (2016). Scam Recycling: e-Dumping on Asia by US Recyclers, Basel Action Network, USA.
- Hoyos, J. C. (2011). Desarrollo y aplicación de un modelo de simulación de un sistema de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos asociados a las TIC en Colombia para analizar su viabilidad tecnológica y financiera. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Huisman J., et al., 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) - Final Report. 2007, Aea Technology United Nations University, Gaiker, Regional Environmental Centre for Central and Eastern Europe, Delft University of Technology, for the European Commission
- Ibanescu D., D. Cailean, C. Teodosiu, S. Fiore, (2018). *Assessment of the waste electrical and electronic equipment management systems profile and sustainability in developed and developing European Union countries*. Waste Management 73 (2018) 39–53
- IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2009). Mapa físico de Colombia. Recuperado de:  
[https://www.gifex.com/fullsize2/2009-09-17-2031/Mapa\\_Fisico\\_de\\_Colombia.html](https://www.gifex.com/fullsize2/2009-09-17-2031/Mapa_Fisico_de_Colombia.html)
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial [INTI] (2014). Proyecto SAICM QSP: Mercurio en productos domésticos. Recuperado de: <http://crsbasilea.inti.gov.ar/mer-lamparas.htm>
- Islam, T., Abdullah, A., Shahir, S., Kalam, M., Masjuki, H., Shumon, R. and Rashid, H., A public survey on knowledge, awareness, attitude and willingness to pay for WEEE management: Case study in Bangladesh. Journal of Cleaner Production.137(20), pp 728-740, 2016 DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.07.111
- Jáuregui L. (2013). *Esfigmomanómetros calibrados y de calibración desconocida usados en Instituciones de Salud: comparación de valores de tensión arterial para apreciar la confiabilidad de las mediciones en pacientes*. Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud. Universidad Abierta Interamericana, Buenos Aires, Argentina.
- Jeon J-M, Lee J-c , Jeong J, Kim N-C. (2001). *Recovery of yttrium from the sludge generated in recycling process of the obsolete CRT*. J Korean Inst Resour Recycl 2001;10:22–8
- Jiménez et al., (2011). Manual de aparataje. Hospital Universitario Central de Asturias  
Recuperado de:  
[http://www.hca.es/huca/web/enfermeria/html/f\\_archivos/manual%20de%20aparataje%20cerrado.pdf](http://www.hca.es/huca/web/enfermeria/html/f_archivos/manual%20de%20aparataje%20cerrado.pdf)
- Johnson & Johnson, S.A. (2018). Examen con lámpara de hendidura. Prácticas Esenciales con Lentes de Contact. Recuperado de:  
[https://www.jnjvisioncare.es/sites/default/files/public/es/documents/educational\\_moments/1/examen\\_lampara\\_hendidura.pdf](https://www.jnjvisioncare.es/sites/default/files/public/es/documents/educational_moments/1/examen_lampara_hendidura.pdf)



- Kang, H. & J. Schoenung (2005) Electronic waste recycling: A review of U.S. infrastructure.
- Krol, A., Nowakowski, P. and Mrowczynska, B., (2016). How to improve WEEE management? Novel approach in mobile collection with application of artificial intelligence. *Waste Management*. 50, pp. 222-233, 2016. DOI: 10.1016/j.wasman.2016.02.033.
- Lafuente D., R. Blanco & A. Brenes (2005). *Efecto del tipo de lámpara de fotocurado en la polimerización de varias resinas*. Universidad de Costa Rica. *Odovtos - International Journal of Dental Sciences*, núm. 7, 2005, pp. 90-91
- Lanfranconi M. (2001). *HISTORIA DE LA MICROSCOPIA*. Introducción a la Biología. Facultad de Cs. Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.
- Lasarte I., M. Amor & L. Liria (2007). *PROYECTO INTEGRADOR. TECNICAS DIGITALES III. Monitor de ECG*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL SAN NICOLAS INGENIERIA EN ELECTRONICA. Buenos Aires, Argentina.
- Lee J-c, Song HT, Yoo J-M, (2007). *Present status of the recycling of waste electrical and electronic equipment in Korea*. *Resour Conserv Recycl* 2007;50:380–97
- Lee J-c, Srivastava RR. (2016). *Leaching of gold from the spent/end-of-life mobile phone PCBs using “greener reagents”*. In: Sabir S, editor. *The recovery of gold from secondary sources*. London: Imperial College Press; 2016. p. 7–56.
- Lepawsky, J. (2015). *The changing geography of global trade in electronic discards: time to rethink the e-waste problem*. *The Geographical Journal*, 181(2), 147-159.
- Ley No. 768 (2002). Por la cual se adopta el Régimen Político, Administrativo y Fiscal de los Distritos Portuario e Industrial de Barranquilla, Turístico y Cultural de Cartagena de Indias y Turístico, Cultural e Histórico de Santa Marta. Congreso de Colombia. Julio 31 de 2002.
- Ley S0934/10. (2010). Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Argentina.
- López D. (2017). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PULSIOXÍMETRO*. Universidad Pontificia de Valencia, España.
- Lundgren, K. (2012). The global impact of e-waste: Addressing the challenge (Ginebra, Organización Internacional del Trabajo).
- Magariños S, , G. Manfredi & N. Fandiño (2013). *VIABILIDAD DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS EN LA CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES*. Instituto Tecnológico de Buenos Aires.
- Marcano R. P. (2015). La oftalmoscopia. *Medicina Preventiva Sanra Fé*. Recuperado de: [http://www.medicinapreventiva.com.ve/fondo\\_ojo.htm](http://www.medicinapreventiva.com.ve/fondo_ojo.htm)
- Martínez I. (2008). Determinación de retardantes de llama bromados en plásticos de equipos eléctricos y electrónicos. University of Deusto.
- Martínez M. G. (2017). *Mantenimiento, preparación y manejo de tractores*. IC Editorial. España.
- Martínez X. G. (2004). *El mercurio como contaminante global. Desarrollo de metodologías para su determinación en suelos contaminados y estrategias para la reducción de su liberación al medio ambiente*. Universidad Autónoma de Barcelona, España.

- Matallana J. J., A. H. Ortiz C., M. F. Rincón C., A. C. Sánchez, G. C. Aránzazu M. & S. C. Concha S. (2010). *INTENSIDAD DE LA LUZ EMITIDA POR LÁMPARAS DE FOTOCURADO EN LOS CONSULTORIOS ODONTOLÓGICOS DE BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA*. Ustasalud 2010; 9: 41 – 49.
- Méndez C. C., 2009. Partes del electrobisturí. Recuperado de:  
<https://issuu.com/biomedikos23185/docs/partes>
- Mendoza S. & W. Arana (2016). *CONSULTORIO ODONTOLÓGICO, SMILE*. FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE CIENCIAS DE LA SALUD. Bogotá D. C., Colombia.
- Menéndez A. (2012). LA LITERATURA MÉDICA ESPAÑOLA SOBRE LOS RIESGOS DEL AMIANTO DURANTE EL FRANQUISMO. Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia, 2012, vol. LXIV, nº 1, enero-junio, págs. 7-36, ISSN: 0210-4466
- Meneses A. A. & Tolosa D. C. (2006). Proyecto diseño y construcción de un monitor de signos vitales basado en una computadora portátil. Documento de las características generales de los monitores de signos vitales. Recuperado de:  
<http://www.dalcame.com/wdescarga/manejo%20msv.pdf>
- Menjívar E., Espinoza E. & Robles J. (2014). Listado oficial de material, instrumental y equipos odontológico. Ministerio de Salud, Gobierno de El Salvador.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015). *Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos – RAEE*. Recuperado de:  
<http://quimicos.minambiente.gov.co/index.php/residuos-de-aparatos-electricos-y-electronicos/informacion-general-raee>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017). Política Nacional de Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos RAEE. República de Colombia.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. Bogotá.
- Miotti M., Böney H., Hernández C., Schluep N. (2015). Estándares técnicos y ambientales para el tratamiento de RAEE: Comparación de estándares de Suiza, Europa y Estados Unidos. Sustainable, Recycling Industry.
- Miranda J. R., Gómez S. M. & Kennedy J. F. (2014). ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO ACTUAL DE LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES, NIVEL DE CONTAMINANTES Y DISPOSICIÓN FINAL. Universidad Tecnológica de El Salvador
- Mírez J. (2011). *Equipos y Máquinas en Establecimientos de Salud. Generalidades de Monitor de signos vitales*. Recuperado de: <https://jmirezmedical.wordpress.com/2011/08/10/s019-generalidades-sobre-monitor-de-signos-vitales/>
- Mírez J. (2013). *Una descripción del funcionamiento de un ecógrafo*. Equipos y Máquinas en Establecimientos de Salud (Biomedical Engineering). Recuperado de:  
<https://jmirezmedical.wordpress.com/2013/05/29/s086-un-descripcion-de-funcionamiento-de-un-ecografo/>
- Mmereki, D., Li, B., Baldwin, A., & Hong, L. (2016). The generation, composition, collection, treatment and disposal system, and impact of E-waste. In *E-Waste in Transition-From Pollution to Resource*. InTech.

- Molina T. (2012). *EL MUNDO DE LOS RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS. ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL*. Sevilla, España.
- Monge C., Meléndez C., Jerez G., Flamenco I., Flamenco J., Canjura K., Orellana O., Segura O. & Fuentes M., (2017). Guía técnica para la gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos de El Salvador. Unidad de Comunicaciones MARN. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) El Salvador, Centroamérica
- Montañón N. M & Sandoval A. L. (2007). Contaminación Atmosférica y salud. Universidad Nacional Autónoma de México. Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos. México D. F.
- Montenegro J. (2014). *Colombia vs basura electrónica, un partido que va 5 empatado*. Trabajo de grado programa de periodismo y opinión pública. Bogotá D.C. Universidad del Rosario. Facultad Escuela de ciencias humana, carrera de Periodismo y Opinión pública.
- Montoya K. Y. (2011). *TOMOGRFIA CONE BEAM COMO METODO DE DIAGNOSTICO PRECISO Y CONFIABLE EN ODONTOLOGIA*. UNIVERSIDAD VERACRUZANA. México D. F.
- Moreno G. (2016). *Respirador artificial*. Escuela Superior de Medicina. Recuperado de: <https://es.calameo.com/read/004902052ea8a8fa951cc>
- Mozaffarian D, Rimm EB (2006). Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. *JAMA*. 2006; 296: 1885-99.
- Mozaffarian D, Rimm EB. (2006). Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. *JAMA*. 2006; 296: 1885-99
- Muriel G. (2018). *Vaporizadores anestésicos*. Hospital Universitario Sanitas La Moraleja Madrid, España. Recuperado de: <https://anestesar.org/2018/vaporizadores-anesteticos-i/>
- Noren K, Meironyte D (2000) *Chemosphere* 40, 1111.
- Norma Técnica Peruana 900.065. (2012). *GESTIÓN AMBIENTAL. Gestión de residuos. Manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Generación, recolección interna, clasificación y almacenamiento. Centros de acopio*. Ministerio del Ambiente [MINAM], Perú.
- Ochoa M. M. (2018). Gestión integral de residuos: Análisis normativo y herramientas para su implementación. Segunda edición, Edit. Universidad del Rosario. Bogotá D. C., Colombia.
- Olivares, D. M. (2010). *ELECTROMEDICINA: ¿Qué es y cómo funciona la Ecografía?* Recuperado de: <http://fuyurnet.blogspot.com/2010/05/electromedicina-que-es-y-comofunciona.html>
- Organización Mundial de la Salud (2015). La OMS hace un llamamiento para que se utilicen jeringas “inteligentes” en todo el mundo. Recuperado de: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/injection-safety/es/>
- Organización Panamericana de la Salud (2015). *MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS DE LABORATORIO: INCUBADORAS*. Washington D. C. Cap. 14, pp 149.

Organización Panamericana de la Salud (2015). MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS DE LABORATORIO: BAÑO SEROLÓGICO. Washington D. C. Cap. 5, pp 55.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo económico [OCDE]. 2001.4.

Ortega J. A, Ferrís J. Tortajada, A. Cánovas Conesa, L. Claudio-Morales, O. Berbel Tornero & P. Lupiáñez Callado. (2005). Neurotóxicos medioambientales (III). Organoclorados, organobromados y bisfenol A: efectos adversos en el sistema nervioso fetal y posnatal. (Acta Pediatr Esp. 2005; 63: 429-436

Osuna S. & Busón C. (2007). Convergencias de medios: la integración tecnológica en la era digital. Edit. Icaria Editoria S.A., pp. 139-138

Otón J.M., Ojeda & J.A. Martín Pereda (2000). Pilas y acumuladores comerciales sistemas secundarios y especiales (y II). Biblioteca Universitaria Politécnica.

Padrón F. A. (2013). MANUAL DE BATERÍAS Y ACUMULADORES. Universidad Pontificia Bolivariana

Pardell J. (2018). Apuntes de electromedicina. Electrobisturí. Recuperado de:  
<http://www.pardell.es/electrobisturi.html>

Parlamento europeo y el Consejo de la Unión Europea (2002). Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 27 de enero del 2003 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Recuperado de:  
<https://www.boe.es/doue/2003/037/L00024-00039.pdf>

Parlamento europeo y el Consejo de la Unión Europea (2003). Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Bruselas. Recuperado de:  
[http://eurlex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:ac89e64f-a4a5-4c13-8d96-1fd1d6bcaa49.0005.02/DOC\\_1&format=PDF](http://eurlex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:ac89e64f-a4a5-4c13-8d96-1fd1d6bcaa49.0005.02/DOC_1&format=PDF)

Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea (2012). Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo del 4 de julio de 2012 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) (refundición) (Texto pertinente a efectos del EEE). Estrasburgo. Recuperado de:  
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0038:0071:ES:PDF>

Pathaka P., R. Ranjan Srivastava & Ojasvic (2017). *Assessment of legislation and practices for the sustainable management of waste electrical and electronic equipment in India*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 78 (2017) 220–232

Pathaka P., Srivastava R. R. & Ojasvic (2017). Assessment of legislation and practices for the sustainable management of waste electrical and electronic equipment in India. Renewable and Sustainable Energy Reviews 78 (2017) 220–232.

Pedraza M., Adell M. V. & Jornet M. (2017). *ELEMENTO DE SUJECCIÓN DE MONITOR FETAL*. OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS, ESPAÑA. Recuperado de:  
<https://patentimages.storage.googleapis.com/65/80/ae/4ad90b5bc6b031/ES1177983U.pdf>

- Penarrocha M. & Sanchís J. M. (2007). Anestesia local en odontología. ISBN 9788497511766. Publisher ARS MÉDICA.
- Peña F., Flórez F., Gonzáles D., Morales J. & Falcón J. (2011). Recuperación de aceites minerales. Universidad Nacional Experimental de la Fuerza Armada Bolivariana U.N.E.F.A. Sede Barinas Núcleo Barinas
- Peñaloza B., C. Narváez & F. Solanes. (2014). *Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos: Su problemática en Argentina*. 14º Simposio Argentino de Informática y Derecho, SID 2014. 43 JAIIO - SID 2014 - ISSN: 1850-2814
- Pérez A. M. (2017). Básculas médicas y aparatos de medición. Recuperado de: <https://docplayer.es/486049r94-Basculas-medicas-y-aparatos-de-medicion.html>
- Pérez J. F. & Arroyo C. Z. (2017). RECUPERACIÓN DE COBRE DE CIRCUITOS IMPRESOS Y OTROS RESIDUOS ELECTRÓNICOS. Vol. 2 no. 1, Verano de la Investigación Científica, 201.
- Perkins, D. N., Brune, M.-N., Nxele, T., & Sly, P. D. (2014). E-Waste: A Global Hazard. *Annals of Global Health*, 80(4), 286–295. Obtenido de [http://www.annalsofglobalhealth.org/article/S2214-9996\(14\)00320-8/pdf](http://www.annalsofglobalhealth.org/article/S2214-9996(14)00320-8/pdf)
- Permanyer (2013). *Situación e Impacto de los residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) Caso de Estudio: los Ordenadores*. Universidad Politécnica de Barcelona, España.
- Petrelli B. G., F. Guillén J., E. Bermejo M. & Discepoli N. (2006). *Actualización en radiología dental. Radiología convencional vs digital*. AVANCES EN ODONTOESTOMATOLOGÍA Vol. 22 - Núm. 2 – 2006.
- Pifarré X., Torres R., I. H. Gonzáles, M. A. Rivas, J. Valverde, P. Ruiz, M. Ginjaume, J. Molero, M. F. Rodríguez, E. Corredoira & J. Ruiz (2012). *Radiodiagnóstico: bases físicas, equipos y control de calidad*. Fundamentos de Física Médica. Universidad Internacional de Andalucía, España.
- Pinheiro, E. M., Guinsburg, R., Nabuco, M. A. D. A., & Kakehashi, T. Y. (2011). *Noise at the Neonatal Intensive Care Unit and inside the incubator*. *Revista latino-americana de enfermagem*, 19(5), 1214-1221.
- Piñeros J. F. & Serrano J. V (2017). *Análisis crítico de la Política Nacional de Gestión Integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (Plan de Acción Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2017 -2032)*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D. C., Colombia.
- Polanco A. (2011). *Crononautas: Los viajeros del tiempo y otras curiosidades sorprendentes*. Edit. Ediciones Corona Borealis, pp. 144-145.
- Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente [PNUMA]. 2009.
- Pumarejo J., Acosta C., Alvarado J., Gelvez L., Quintero R. & Monroy L. (2018). ESTRUCTURA ECONÓMICA DE BARRANQUILLA Y EL RETO DE FORMULAR UNA ESTRATEGIA DE CIUDAD PERTINENTE. Alcaldía Distrital de Barranquilla. Edición No. 1.

- Ramírez R. A., Ávila L. G. & Gallardo M. G. (2015). Estudio sobre el impacto de contratación y uso de cartuchos de impresión y tóner no originales en instituciones públicas. Centro de Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y Comunicación. México D. F.
- Ramos R. & García E. (2006). *Equipos de ultrasonido Hiscan y Cinescan*. UNIVERSIDAD CENTRAL MARTA ABREU DE LAS VILLAS. FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA. Ciudad Habana.
- Redondo, J. M., Vega, D. W. I., Monroy, L. M., & Bermudez, J. I. (2018). Evaluación de estrategias para la gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. *DYNA*, 85(205), 319-327.
- Rios, A. (2015). Contaminación ambiental por tóners de fotocopadoras e impresoras. Gestipolis. Recuperado de: <https://www.gestipolis.com/contaminacionambiental-por-toners-de-fotocopiadoras-e-impresoras/>
- Rodríguez A. P. (2017). Mantenimiento preventivo de baños serológicos. Colombia. Recuperado de: <https://www.ins.gov.co/conocenos/sig/SIG/INT-A04.2070-037.pdf>
- Rodríguez, L. A., González, N., Reyes, L., & Torres, A. (2013). *Management system of waste electrical and electronic equipment*. System dynamics approach. *Revista Sistemas & Telemática*, 11(24), 39-53.
- Rodríguez, S. M., Hernández, C. A., Ott, D., & Uribe Restrepo, L. M. (2010). Manejo de los RAEE a través del Sector Informal en Bogotá, Cali y Barranquilla. Programa Seco/Empa Sobre La Gestión de RAEE En América Latina Manejo.
- Ruiz J. y Santana L. (2012). Termómetro electrónico digital. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://electromagnetismo2012a.wikispaces.com/file/view/termometro+digital.pdf>
- Sahajwalla, V., & Gaikwad, V. (2018). The present and future of e-waste plastics recycling. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*. Recuperado de: <https://ezproxy.cuc.edu.co:2108/science/article/pii/S2452223618300452>.
- Salamanca, A., & Tello, D. (2010). *Diseño y construcción de un dispositivo médico de esterilización automático para la industria odontológica*. Universidad de San Buenaventura, Bogotá.
- Salinas M. A. (2016). Tema 6: Acumuladores. Recuperado de: <https://docplayer.es/14490067-Tema-6-acumuladores.html>
- Sánchez M. (2014). Guía de estudio para máquinas de anestesia y monitores de signos vitales. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F.
- Sánchez D. (2017). Equipos odontológicos, succión de baja y succión de alta. Guía Dental Ecuatoriana. Recuperado de: <https://guiadentalecuadoriana.com/equipos-odontologicos-succion-baja-succion-alta/>
- Sausnavas S. J. (2015). Diseño e implementación de un dispositivo para medir la energía de desfibriladores basado en el equipo “desfibrilator energy meter, model 429” mediante Microcontrolador y comunicación bluetooth con dispositivo andriod. Universidad de la Fuerzas Armadas. Ecuador.

- Scott, R., Palacios, M., & Maturana, T. (2012). *Electronic Waste—A Growing Concern for the Health Sector*. Gold book: inovação tecnológica em educação e saúde. Rio de Janeiro
- Secretaría de Planeación, (2015). *PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – PGIRS 2016 – 2027*. Barranquilla, Colombia.
- Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente de CC.OO.- ARAGÓN (2016). El aminato un problema social. Doc. Syndical No. 44.
- Secretaría Distrital de Salud Pública Barranquilla (2017). Análisis de Situación de Salud con el Modelo de los Determinantes Sociales de Salud 2017. Alcaldía de Barranquilla, Colombia.
- Sinha-Khetriwal, D., Kraeuchi, P., & Schwaninger, M. (2005). *A comparison of electronic waste recycling in Switzerland and in India*. Environmental Impact Assessment Review, 25 (5), 492-504
- Sistema de Información Legislativa de la Secretaria de Gobierno de México, (2018). Cartuchos de tinta y tóner. Recuperado de:  
[http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2018/01/asun\\_3655917\\_20180110\\_1515610035.pdf](http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2018/01/asun_3655917_20180110_1515610035.pdf)
- Srinivasan V. & R.D. Thulasiraj (2003). *Instrumentos y Equipos Oftalmológicos*. Hospital de Ojos Aravind e Instituto de Postgrado de Oftalmología Madurai, India.
- Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (Empa), 2016. Ewasteguide.info. Recuperado de <http://www.ewasteguide.info/node/219>
- Talamas J. J.. (2016). *Práctica 4.4 OFTALMOSCOPIA*. JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN.
- Tanides C. G. & H. D. Iglesias Furfaro (2010). ILUMINACIÓN EFICIENTE EN EL SECTOR RESIDENCIAL ARGENTINO: EVOLUCIÓN Y PERSPECTIVAS FUTURAS. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 14, 2010. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184
- The StEP Initiative/United Nations University. (2014). *Step White Paper - One global definition of e-waste*. New York: The StEP Initiative/United Nations University. Obtenido de [http://www.step-initiative.org/files/step/\\_documents/StEP\\_WP\\_One%20Global%20Definition%20of%20E-waste\\_20140603\\_amended.pdf](http://www.step-initiative.org/files/step/_documents/StEP_WP_One%20Global%20Definition%20of%20E-waste_20140603_amended.pdf)
- Tobón O. & Rodríguez V. (2017). *Desarrollo y estandarización de métodos de calibración para equipos utilizados en salud visual (Queratómetros, Lensómetros y Tonómetros), implementados en el Hospital Universitario de San Vicente Fundación*. ISSN 1909-9762 / Volumen 11 / Número 22 / Julio-diciembre de 2017 / pp. 21-28. Universidad EIA- Universidad CES / Envigado, Colombia
- Torres, D., Guzmán, S., Ruediger, K., Magalini, F., Devia, L., Cueva, A., Rivero Basiniani, I. (2015). Gestión Sostenible de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos de América Latina. UIT, Convenio de Basilea, CRBAS- Centro Regional Basilea para América del Sur, UNESCO, OMS, ONUDI, OMPI, CEPAL 2016.
- United Nations Environmental Programme. (2007). E-waste Volume I: Inventory Assessment Manual. International Environmental Technology Centre. Osaka/Shiga: autor. Recuperado de: [http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/spc/EWasteManual\\_Vol1.pdf](http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/spc/EWasteManual_Vol1.pdf)

- United Nations Environmental Programme. (2012). E-waste Volume III: Inventory Assessment Manual. International Environmental Technology Centre. Osaka/Shiga: autor. Recuperado de: [file:///C:/Users/Lenovo%20i3/Downloads/2012\\_weee-e-waste\\_take-back\\_system\\_unep.pdf](file:///C:/Users/Lenovo%20i3/Downloads/2012_weee-e-waste_take-back_system_unep.pdf)
- United Nations University (2012). E-waste: Annual gold, silver 'deposits' in new high-tech goods worth \$21B; less than 15% recovered. Recuperado de: <https://www.sciencedaily.com/releases/2012/07/120706164159.htm>
- United Nations University, Institute for Sustainability and Peace, UNU-ISP, 2011, Ewaste management in Germany.
- Universidad de Córdoba (2000). Tema 6. Acumuladores. Recuperado de: <http://www.uco.es/~iq2sagrl/Fuentes%20energia/TranspTema6.pdf>
- UNIVERSIDAD DE TARAPACÁ (2015). *MANUAL BÁSICO DEL USO DE AUTOCLAVES*. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Chile. Recuperado de: <http://sb.uta.cl/libros/Apuntes%20ba%CC%81sico%20de%20uso%20de%20autoclave.pdf>
- Uribe L. M. Rodríguez, S. M., Hernández, C. A., Ott, D., & (2010). Manejo de los RAEE a través del Sector Informal en Bogotá, Cali y Barranquilla. Programa Seco/Empa Sobre La Gestión de RAEE En América Latina Manejo.
- Uribe W., M. Duque, L. E. Medina, J. Marín, J. E. Velásquez & J. Arístizabal (2015). *ELECTROCARDIOGRAFÍA BÁSICA*. Electrofisiólogos grupo CES Cardiología, Medellín, Colombia, S.A. Profesores Universidad CES y Universidad Pontificia Bolivariana.
- Valdivia A. K. (2014). *Eficacia del monitoreo electrónico anteparto en el diagnóstico de sufrimiento fetal*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Tesis), Perú.
- Valdivia-Blondet L., (2013). *Electrocirugía. Principios y aplicación en Dermatología*. Lima, Perú. Dermatol PERU 2013; vol. 23 (1), pp 18
- Valenzuela, J., Donoso, A., León, J., Díaz, F., & Cruces, P. (2006). *Caracterización de la ventilación mecánica no invasiva pediátrica hospitalaria*. Revista chilena de pediatría, 77(6), 568-576.
- Valls M. I. Ferrán, A. Clement Corral & D. Puertas Bordallo. (2018). Fondo de Ojo. Oftalmología Pediátrica del Hospital Universitario Niño Jesús. Madrid
- Vázquez I. (2016). Tipos de estudio y métodos de investigación. Universidad de Guanajuato. México D. F.
- Vázquez T. & Canayo M. (2017). CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTOS (DIÉSEL, TURBO) DERIVADOS DEL TRATAMIENTO TÉRMICO (DESTILACIÓN) DE ACEITES LUBRICANTES USADOS, EN IQUITOS. Facultad de Ingeniería Química. Perú.
- Vega P. G. (2012). Diseño y construcción de un electrocardiógrafo de 12 derivaciones para el análisis de señales cardíacas. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador.
- Velásquez Carrión, A. M. (2016). Investigación exploratoria sobre generación y gestión de residuos hospitalarios tipo RAEE en Bogotá DC.



- Velásquez. A., 2016. *Investigación exploratoria sobre generación y gestión de residuos hospitalarios tipo RAEE en Bogotá D.C.* Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD, Bogotá.
- Vélez H. M. (2005). *Tecnología en mantenimiento de equipo biomédico. Aspectos según los cuales se determina la calidad de una lámpara de quirófano.* Instituto tecnológico Metropolitano Medellín. Recuperado de:  
<http://biomedica.webcindario.com/L%E1mpquir%F3fano.htm>
- Vélez P. A. (2010). E-WASTE: LA BASURA DEL SIGLO XXI, ¿QUE HACER CON ELLA? Scientia et Technica Año XVII, No 46, Diciembre 2010. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701
- Villacís M. (2014). ESTUDIO RADIOGRÁFICO PANORÁMICO RETROSPECTIVO DE LAS ANOMALÍAS DENTOMAXILARES MÁS FRECUENTES EN PACIENTES ATENDIDOS EN LA CLÍNICA ODONTOLÓGICA UNIANDES EN EL PERÍODO MARZO 2013 – MARZO 2014. Universidad Nacional Autónoma de los Andes.
- Villanueva C. (2005). DISEÑO DE PLANTA PILOTO PARA DESARROLLAR TECNOLOGÍA DE EXTRACCIÓN CON SOLVENTE PARA TRATAMIENTO DE ACEITES USADOS. Universidad Nacional de Ingeniería. Perú.
- WHO. Asbestos. In: Air Quality Guidelines, 2nd ed. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2000.
- Yoon T. H. et al., 2000. *Degree of polymerization of resin composites by different light sources.* Journal of Oral Rehabilitation 2002. 29: 1165-1173.
- Zeng X., Singh N, Li J., (2016). *Global responses for recycling waste CRTs in e-waste.* Waste Manag 2016;57:187–97
- Zeng, X., Yang, C., Chiang, J. F. and Li, J. (2017). Innovating e-waste management: From macroscopic to microscopic scales. The Science of total environment 575, 1-5.
- Zhou T, Ross DG, Michael J. DeVito MJ, Crofton KM (2001). Effects of short term in vivo exposure to polybrominated diphenyl ethers on thyroid hormones and hepatic enzyme activities in weanling rats. Toxicol Science. 2001; 61: 76-82.
- Zuleta, M. B. (2013). El Herald: *Residuos electrónicos, ¿qué hacer con ellos?* Recuperado de:  
<https://www.elheraldo.co/noticias/tecnologia/residuos-electronicos-que-hacer-con-ellos-112644>

## ANEXOS

### Anexo 1. Encuesta aplicada a las IPS

A continuación se muestra el formato utilizado para la encuesta a las IPS de la base de datos:

**EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE) PRESENTES EN LAS ENTIDADES E INSTITUCIONES PRESTADORAS DE SALUD (EPS E IPS) DE BARRANQUILLA**

Los residuos de aparatos electrónicos y electrónicos son una mezcla compleja de muchos materiales que son desechados y/o descartados, algunos de los cuales por ser materias primas escasas y valiosas también pueden ser recuperadas para futuros usos. Sin embargo, estos contienen elementos o compuestos peligrosos, que si bien no generan problema durante su uso, se convierten en un peligro considerable cuando se liberan al medio ambiente, por tal motivo es indispensable realizar una correcta disposición final para tales residuos.

La encuesta que se presenta a continuación, tiene como objetivo principal analizar la gestión de los residuos de los aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en las instituciones prestadoras de servicios de salud de la ciudad de Barranquilla. La encuesta es enfocada en los equipos de diagnóstico y de procedimiento teniendo en cuenta su ciclo de vida hasta su disposición final. A la vez forma parte del trabajo de grado titulado “Evaluación de la gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) presentes en las EPS e IPS de Barranquilla” realizado por los estudiantes Helen Gándara Pérez y Nelson Lubo Hoyos, pertenecientes al programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad de la Costa, CUC.

Se aclara que la información enviada por cada una de las instituciones no será divulgada públicamente y el análisis de los resultados se trabajará como el global de los promedios obtenidos en cada una de las preguntas.

**1. Nombre de la Institución prestadora de salud**

**2. Indique si la IPS es pública o privada**

☐ Pública

☐ Privada

**3. Dirección principal**

**4. Seleccione si la IPS tiene única sede o varias**☐Única☐Varias

**4.1 Si su respuesta fue varias, indique si la información que está aportando es de la sede donde labora o de todas las sedes. Mencíónelas.**

**5. Cargo del encargado de diligenciar la encuesta****6. ¿Qué tipo de equipos eléctricos y electrónicos de diagnóstico médico y/o de procedimientos utiliza?**

El siguiente listado incluye los equipos que tienen contacto directo con los pacientes, con el fin de revisar si se pueden llegar a tratar para su aprovechamiento posterior. Seleccione los equipos que usted considere:

***Equipos de hospitales y clínicas:***

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Desfibrilador             | <input type="checkbox"/> Tensiómetro               | <input type="checkbox"/> Centrífugas                        |
| <input type="checkbox"/> Electrocardiógrafo        | <input type="checkbox"/> Termómetro digital        | <input type="checkbox"/> Congeladores                       |
| <input type="checkbox"/> Equipo de rayos X         | <input type="checkbox"/> Básculas médicas          | <input type="checkbox"/> Doppler fetal                      |
| <input type="checkbox"/> Lámparas para uso médico  | <input type="checkbox"/> Vaporizadores anestésicos | <input type="checkbox"/> Ecógrafo                           |
| <input type="checkbox"/> Máquina de anestesia      | <input type="checkbox"/> Equipos de hematología    | <input type="checkbox"/> Incubadoras                        |
| <input type="checkbox"/> Monitor de signos vitales | <input type="checkbox"/> Autoclave                 | <input type="checkbox"/> Monitor fetal                      |
| <input type="checkbox"/> Pulsioxímetro             | <input type="checkbox"/> Electrobisturí            | <input type="checkbox"/> Microscopio                        |
| <input type="checkbox"/> Sistemas de infusión      | <input type="checkbox"/> Ventilador mecánico       | <input type="checkbox"/> Lámpara de fotocurado              |
| <input type="checkbox"/> Succionador               | <input type="checkbox"/> Baño serológico           | <input type="checkbox"/> Equipos de radiología odontológica |

***Equipos odontológicos:***

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Unidad odontológica                            | <input type="checkbox"/> Lámpara de fotocurado                         |
| <input type="checkbox"/> Compresor odontológico                         | <input type="checkbox"/> Pequeños electrodomésticos (planchas, radios) |
| <input type="checkbox"/> Pieza de mano alta y baja velocidad            | <input type="checkbox"/> Máquina de ultrasonido odontológica           |
| <input type="checkbox"/> Localizadores apicales                         | <input type="checkbox"/> Equipo de succión de saliva y sangre          |
| <input type="checkbox"/> Equipo de radiología odontológica y panorámica | <input type="checkbox"/> Amalgamador dental                            |
| <input type="checkbox"/> Autoclave                                      | <input type="checkbox"/> Equipo de anestesia dental                    |

***Equipos oftalmológicos:***

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oftalmoscopio           | <input type="checkbox"/> Tonómetro   |
| <input type="checkbox"/> Retinoscopio            | <input type="checkbox"/> Pupilómetro |
| <input type="checkbox"/> Oftalmoscopio indirecto | <input type="checkbox"/> Proyecto    |
| <input type="checkbox"/> Lámpara de hendidura    |                                      |
| <input type="checkbox"/> Queratómetro            |                                      |
| <input type="checkbox"/> Lensómetro              |                                      |

**7. ¿Qué tipo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos NO BIOMÉDICOS genera?**

Seleccione los equipos que usted considere. Tenga en cuenta que en la opción otros puede colocar los RAEE que no ha podido disponer por no estar en algún plan Posconsumo.

**8. ¿Podría determinar la cantidad de RAEE que se genera en la institución?**

- ☐ Si  
☐ No  
☐ No sabe

***8.1 En caso de que la respuesta a la pregunta anterior sea afirmativa, estime la cantidad de residuos tipo RAEE que se producen en la institución, y en el recuadro inferior mencione los nombres de los residuos de este tipo que se generen con más frecuencia***

- ☐ 0 - 20 kg/mes  
☐ 21 - 40 kg/mes  
☐ 41 - 60 kg/mes  
☐ 61 - 80 kg/mes  
☐ 81 - 100 kg/mes  
☐ 101 – 120 kg/mes

*Otra cantidad:*

**9. ¿Cuenta con un centro de acopio o almacenamiento para RAEE?**

- ☐ Si  
☐ No  
☐ No sabe

**10. ¿Cómo almacena los RAEE?**

Puede seleccionar varias opciones según su caso.

- ☐ Contenedores
- ☐ Bolsas plásticas
- ☐ Plástico especial
- ☐ Al aire libre
- ☐ No sabe

**11. ¿Qué tipo de dificultades ha tenido en el almacenamiento de estos residuos?****12. ¿Cuál es la disposición final de los equipos almacenados?**

Puede seleccionar varias opciones según su caso.

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Plan Posconsumo           | <input type="checkbox"/> Reciclaje                    |
| <input type="checkbox"/> Donación                  | <input type="checkbox"/> Chatarrización               |
| <input type="checkbox"/> Operador de aseo          | <input type="checkbox"/> Remate de los equipos        |
| <input type="checkbox"/> Aprovechamiento de piezas | <input type="checkbox"/> No se hace disposición final |
| <input type="checkbox"/> Devolución de proveedores |   |

**13. ¿Qué equipos se encuentran actualmente almacenados y que cantidad aproximada están destinados para su disposición final?****14. A parte de los RAEE, ¿qué otro tipo de elementos que sean residuos sólidos, considera tienen dificultades para su disposición final o podrían aprovecharse?****15. ¿Qué otros tipos de equipos considera usted que podrían ser gestionados como RAEE dentro de los planes Posconsumo?**

**Anexo 2. Fachada de algunas IPS encuestadas**



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.



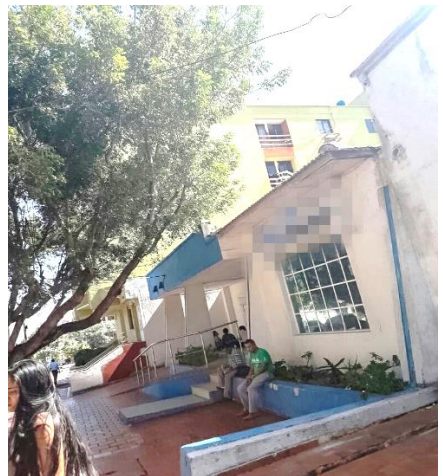
Fuente: Autores.



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.

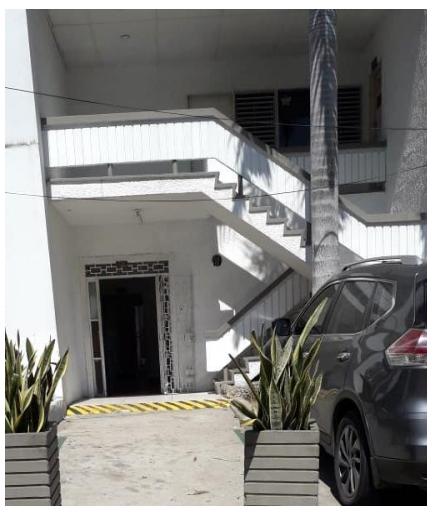




Fuente: Autores.



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.

**Anexo 3. Equipos biomédicos más frecuentes***Monitor de signos vitales*

Fuente: Meneses y Toloza (2016).

*Centrifuga*

Fuente: Álvarez (2018).

*Desfibrilador*

Fuente: Meneses y Toloza (2015).

*Sistema de infusión*

Fuente: CENETEC SALUD (2011).

*Lámpara de fotocurado*

Fuente: Vega & García (2010).

*Unidad odontológica*

Fuente: FEDESA (2016).





*Oftalmoscopio*  
Fuente: Ferrán et. al., (2018).



*Queratómetro*  
Fuente: Durban J. F. (2014).